Journal of Agroecology
Homepage: https://agry.um.ac.ir/

Research Article
Vol. 15, No. 4, 2024, p. 699-721

Response of Sunflower (*Helianthus annuus* L.) to Plant Nutrition Systems in the Soil under Foliar Spraying by Amino Fish AMI-16, Fulvic Acid, and Microfertilizer

Bahman Shojaei Kalajahi[1], Vahid Sarabi[2*] and Kambiz Azizpour[3]

1- M.Sc. Student in Department of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture, Azarbaijan Shahid Madani University, Tabriz, Iran.
2- Associate Professor in the Department of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture, Azarbaijan Shahid Madani University, Tabriz, Iran.
3- Assistant Professor in the Department of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture, Azarbaijan Shahid Madani University, Tabriz, Iran.
(*- Corresponding author Email: Sarabi20@azaruniv.ac.ir)

Received: 19-11-2021 Revised: 07-02-2022 Accepted: 13-04-2022 Available Online: 25-01-2021	**How to cite this article:** Shojaei Kalajahi, B., Sarabi, V., & Azizpour, K. (2024). Response of sunflower (*Helianthus annuus* L.) to plant nutrition systems in the soil under foliar spraying by amino fish AMI-16, fulvic acid, and microfertilizer. *Journal of Agroecology, 15*(4), 699-721. (in Persian with English abstract). https:// doi.org/10.22067/agry.2022.73721.1081

Introduction

Sunflower is one of the plants that must receive nutrients, particularly nitrogen, and often responds positively to fertilizers. Optimizing fertilizer application in oil crops not only enhances grain yield but also leads to an increased percentage of seed oil. Furthermore, it improves plant resistance to environmental stresses such as drought, salinity, and frost. Additionally, this optimization contributes to enhanced biological activity in the soil, early crop production, decreased concentrations of pollutants like cadmium in seeds, reduced toxicity, and increased efficiency in water consumption. Despite the crop's considerable potential, its cultivation has been confined to relatively poor soils and has suffered from inadequate fertilizer management, marked by unbalanced nutrient consumption, thereby limiting its overall performance. Considering the comparatively low organic matter content in Iranian soils and the environmental repercussions of continuous nitrogen fertilizer use, ensuring optimal nutrition for this crop is crucial. Hence, given the significance and necessity of proper and environmentally sustainable nutrition, this study aimed to explore the impact of various fertilizer types on the yield and components of sunflower. The investigation also incorporated diverse nutritional supplements through foliar spraying to identify the most effective fertilizer in combination with a nutritional supplement.

Materials and Methods

A field study was conducted to determine the effects of different nutrition systems and foliar spraying on sunflower yield and its components. The experiment was conducted as a split plot based on a randomized complete block design with three replicates on a research farm at “Khaje Marjan” village under the supervision of the Sophian Agricultural Jihad organization in 2019. Factors were soil fertilization (nitrogen fertilizer of urea, vermicompost, and mycorrhizae) as the main plot and foliar spraying (amino fish AMI-16, fulvic acid, and micro fertilizer) as the subplot. Soil fertilizers were used at the beginning of the growing season, and foliar sprayings were used before flowering and flowering stages. Data were subjected to ANOVA using Minitab ver. 17.0 and

https:// doi.org/10.22067/agry.2022.73721.1081

SAS ver. 9.2.0 statistical software. The main interaction effects of experimental factors were analysed as a PROC GLM by slicing interactions in SAS software. The assumption of the variance analysis was tested by ensuring that the residuals were random, homogeneous, and with a normal distribution about a mean of zero using residual plots and the Anderson-Darling test. Means were separated using Fisher's least significant difference (FLSD) test at a 0.01 significance threshold.

Results and Discussion

Results indicated that the highest yield and its components were obtained using mycorrhizae and vermicompost compared to nitrogen fertilizer. In addition, the highest yield and its components were obtained when micro fertilizer and amino fish AMI-16 were used as foliar spraying treatments compared to fulvic acid and control. Interaction effects showed that the highest yield and seed oil yield are related to micro fertilizer foliar spraying + vermicompost and micro fertilizer + mycorrhizae by 4292.90 and 2035.95 kg ha^{-1}, respectively. However, there was no significant difference between these treatments and the application of amino fish AMI-16 as foliar spraying with mycorrhizae and vermicompost. Biological and organic fertilizers provide the required nutrients of crops during the growth period, and stresses are not imposed on nutrients and water deficit. Although fulvic acid is one of the effective sprays in increasing the yield and its components and increasing the performance of this industrial crop compared to control, its effect was less than micro fertilizer and amino fish AMI-16.

Conclusion

Therefore, it can be concluded that foliar spraying of micro fertilizer or amino fish AMI-16 with mycorrhizae and vermicompost can provide water and nutrients required for sunflower plants in the sensitive growth stages especially seed filling periods and result in increased yield and its components. The results of this study can be used in the extensive cultures of this industrial crop to achieve the highest grain and oil yield.

Keywords: Biofertilizer, Nutritional supplements, Oil crops, Organic fertilizer, Yield and its components.

نشریه بوم شناسی کشاورزی
Homepage: https://agry.um.ac.ir/

مقاله پژوهشی

جلد ۱۵، شماره ٤، زمستان ١٤٠٢، ص ٧٢١-٦٩٩

پاسخ آفتابگردان (*Helianthus annuus* L.) به سیستم‌های تغذیه گیاهی در خاک تحت محلول-پاشی با کود مایع آمینوفیش AMI 16، اسید فولویک و میکروکامل

بهمن شجاعی کلجاهی[۱]، وحید سرابی[۲]* و کامبیز عزیزپور[۳]

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۰۸/۲۸
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۱/۲۴

چکیده

به‌منظور بررسی تأثیر نوع تغذیه گیاهی در خاک تحت محلول‌پاشی بـا ترکیبـات متنـوع بـر عملکـرد و اجـزای آن در آفتـابگردان (*Helianthus annuus* L.)، آزمایشی به‌صورت کرت‌های خرد شده بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکـرار در مزرعـه تحـت نظـارت جهـاد کشـاورزی صوفیان واقع در روستای خواجه مرجان در سال ۱۳۹۸ به اجرا در آمد. فاکتورهای آزمایش شامل کاربرد انواع سیستم‌های تغذیه‌ای (نیتروژنه از منبع اوره، ورمی‌کمپوست و مایکوریزا) و محلول‌پاشی (کود مایع آمینوفیش AMI 16، اسید فولویک و کود میکرو کامل) بودند که سیستم‌های تغذیه‌ای در ابتـدای کشت و تیمارهای محلول‌پاشی در دو مرحله قبل از گل‌دهی و گل‌دهی به‌کار برده شدند. نتایج نشـان داد کـه بـا کـاربرد مـایکوریزا و ورمـی‌کمپوسـت بیشترین مقادیر عملکرد و اجزای آن در آفتابگردان در مقایسه با کاربرد کود شیمیایی نیتروژنه به‌دست می‌آید. همچنین، بیشترین مقادیر عملکرد و اجزای آن در بوته‌های آفتابگردان با کاربرد کود میکرو کامل و کود مایع آمینوفیش AMI 16 در مقایسه با کاربرد اسید فولویک و تیمـار عـدم محلـول‌پاشـی به‌دست آمد. اثرات متقابل سیستم‌های تغذیه‌ای و محلول‌پاشی نیز نشان داد که بیشترین عملکرد دانه از کاربرد کود میکرو کامل به همراه ورمی‌کمپوست و بیشترین عملکرد روغن دانه از کاربرد کود میکرو کامل به همراه مایکوریزا به‌ترتیب با ۴۲۹۲/۹۰ و ۲۰۳۵/۹۵ کیلوگرم در هکتار به‌دست می‌آید. با این حال، بین این تیمارها و تیمارهای کاربردی کود مایع آمینوفیش AMI 16 به همراه مایکوریزا و ورمی‌کمپوست اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد. نتـایج کلی این تحقیق نشان داد که محلول‌پاشی با کود میکرو کامل یا کود مایع آمینوفیش AMI 16 به همراه مایکوریزا و ورمی‌کمپوست می‌تواند با تـأمین عناصر غذایی و آب مورد نیاز بوته‌های آفتابگردان در مراحل حسّاس رشدی و با تداوم طول دوره‌های رشد رویشی و زایشی (خصوصاً دوره پر شدن دانـه ها) منجر به افزایش عملکرد و اجزای آن در آفتابگردان شود.

واژه‌های کلیدی: دانه‌های روغنی، عملکرد و اجزای آن، کود آلی، کود زیستی، مکمل‌های تغذیه‌ای

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید مدنی آذربایجان، ایران.
۲- دانشیار گروه زراعت و اصلاح نباتات دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید مدنی آذربایجان، ایران.
۳- استادیار گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید مدنی آذربایجان، ایران.
(*- نویسنده مسئول: Email: Sarabi20@azaruniv.ac.ir)

https:// doi.org/10.22067/agry.2022.73721.1081

مقدمه

آفتابگردان (*Helianthus annuus* L.) از جمله محصولاتی است که عمدتاً به‌صورت آجیلی و بعضاً در برخی صنایع غذایی مورد استفاده قرار می‌گیرد و در بین ایرانیان و برخی از کشورهای جهان جایگاه ویژه‌ای دارد. این گیاه دانه روغنی به‌دلیل بالا بودن ارزش غذایی و فقدان فاکتورهای ضد تغذیه‌ای در روغن آن، برای تغذیه بشر مفید است (Sosulski, 1979). آفتابگردان یکی از گیاهان پر نیاز به عناصر غذایی بوده و اغلب نسبت به مصرف کودهای شیمیایی پاسخ مثبت نشان می‌دهد (Ailievi et al., 1993). مصرف بهینه کود در گیاهان دانه روغنی ضمن افزایش عملکرد دانه موجب افزایش درصد روغن دانه، افزایش مقاومت گیاه به تنش‌های محیطی از قبیل خشکی، شوری و سرمازدگی، بهبود فعالیت‌های زیستی در خاک، زودرسی محصول، کاهش غلظت آلاینده‌هایی نظیر کادمیم در دانه، کاهش سمّیت بُر و افزایش کارایی مصرف آب می‌گردد (Malakouti & Sepehr, 2003). در کشور ایران علی‌رغم وجود پتانسیل خوب تولید این محصول، کشت آن فقط به خاک‌های نسبتاً فقیر اختصاص یافته که به همراه مدیریت ضعیف کودی (مصرف نامتعادل) سبب پایین آمدن عملکرد در این محصول گردیده است. با توجه به مقدار نسبتاً کم ماده آلی در خاک‌های زراعی ایران و اثرات زیست‌محیطی مصرف مداوم کودهای نیتروژن‌دار، مصرف ماده آلی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است (Rasouli & Maftoun, 2010). امروزه استفاده از کودهای آلی در تولید محصول گسترش جهانی یافته است و مدیریت بهینه مواد آلی یک جنبه مهم تولید پایدار در سیستم‌های زراعی است. از جمله نقش‌های مهم کودهای آلی می‌توان کمک به تغذیه گیاهان از طریق تأمین عناصر غذایی، افزایش فعالیت‌های زیستی خاک، تشکیل خاکدانه‌های پایدار، افزایش ظرفیت نگهداری آب و ظرفیت تبادل کاتیونی خاک، افزایش خلل و فرج، جلوگیری از فشرده شدن و تخریب خاک را برشمرد که می‌تواند جایگزین مناسبی برای کودهای شیمیایی باشد (Ailievi et al., 1993). ورمی‌کمپوست مخلوط زیستی بسیار فعال از میکروب‌های مفید، آنزیم‌ها، ویتامین‌ها، هورمون‌ها، عناصر غذایی و کپسول‌های کرم خاکی می‌باشد (Bremness, 1999). ورمی‌کمپوست دارای ظرفیت تبادل کاتیونی بالا و عناصر غذایی نظیر فسفر، نیتروژن، پتاسیم، کلسیم و منیزیم به شکل‌های قابل جذب و در دسترس برای گیاهان می‌باشد (Atiyeh et al., 2001). افزودن ورمی‌کمپوست به محیط رشد گیاه از یک طرف سبب بهبود رشد گیاه (از طریق بهبود خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک) و از طرف دیگر، سبب افزایش عملکرد و جذب عناصر غذایی پرمصرف و کم‌مصرف توسط گیاه (به‌دلیل غنی بودن از عناصر غذایی) می‌شود (Kizilkaya et al., 2012). پیامدهای زیان‌بار اقتصادی و زیست‌محیطی ناشی از مصرف بی‌رویه کودهای شیمیایی و نیز توجه به قابلیت‌های ذاتی بسیار جالب توجه و متنوع موجودات خاکزی به‌ویژه ریزجانداران موجب گردیده است که یکی از مهم‌ترین و کاربردی‌ترین زمینه‌های مورد تحقیق، تلاش برای تولید کودهای زیستی باشد (Bashan et al., 2004). کودهای زیستی در کشاورزی پایدار به‌عنوان جایگزین مؤثر کودهای شیمیایی در افزایش حاصلخیزی خاک و تولید محصولات کشاورزی مورد توجه بسیار قرار گرفته‌اند (Wu et al., 2005). در این میان، قارچ‌های مایکوریزا با بسیاری از گیاهان زراعی و باغی رابطه همزیستی برقرار می‌کنند. این قارچ‌ها از متنوع‌ترین قارچ‌هایی هستند که در تمامی انواع خاک‌ها به رشد و نمو می‌پردازند (Adesemoye & Kloepper, 2009). قارچ مایکوریزای آربوسکولار قادر به افزایش جذب، انتقال و قابلیت دسترسی به عناصر معدنی نظیر فسفر، نیتروژن، مس و روی به گیاه میزبان خود است (Marschner & Dell, 1994). تحقیقات نشان داده‌اند که قارچ مایکوریزا باعث بهبود مقدار نسبی آب گیاه نیز می‌شود (Porcel & Ruzi-Lozano, 2004). همچنین، کاربرد قارچ مایکوریزا جذب و تخصیص عناصر غذایی و آب را بین ساقه و ریشه بهبود بخشیده و موجب افزایش رشد گیاه می‌شود (Clark & Zeto, 2000; Wu & Xia, 2006). گیاهان مایکوریزایی وزن خشک ساقه و عملکرد بیشتری نسبت به گیاهان غیرمایکوریزایی دارند که این افزایش وزن می‌تواند در نتیجه جذب عناصر غذایی مختلف نظیر نیتروژن، کلسیم، پتاسیم، مس و به‌ویژه فسفر توسط شبکه هیف‌های قارچ مایکوریزا باشد (Heidari & Karami, 2013).

کشاورزان برای افزایش عملکرد در واحد سطح یکی از روش‌های کوددهی رایج شامل مصرف خاکی، از طریق آب آبیاری، اختلاط با بذر و محلول‌پاشی را مورد استفاده قرار می‌دهند که محلول‌پاشی برگی یکی از روش‌های سریع در رفع نیازهای

کودی گیاهان است که در این روش در مصرف کود نیز صرفه‌جویی می‌گردد و در اثر آن علاوه‌بر جنبه مثبت اقتصادی، محیط زیست از آلودگی شیمیایی حفظ می‌شود و این امر در راستای تحقق کشاورزی پایدار است (Malakouti, 1996). تغذیه برگی به‌عنوان تأمین‌کننده تکمیلی عناصر کم‌مصرف و پرمصرف، هورمون‌های گیاهی، محرک‌های رشد و سایر عناصر مفید استفاده وسیعی دارد. از سوی دیگر، پاسخ گیاه به کوددهی برگی بستگی به گونه گیاهی، شکل و غلظت کود، دفعات کاربرد کود و مرحله رشدی گیاه دارد (Malakouti et al., 2008). همچنین، در تغذیه گیاهان از طریق برگی، میزان اثربخشی چندین برابر تغذیه خاکی می‌باشد (Malakouti et al., 2008). هنگامی که کودی در خاک استفاده می‌شود، به دلایلی نظیر آبشویی، پیوند با سایر عناصر در خاک و نقش ریزجانداران، ممکن است بخشی یا تمامی آن از دسترس گیاه خارج گردد؛ لذا، محلول‌پاشی برخی کودها می‌تواند باعث عبور آن‌ها از موانع فیزیکی و شیمیایی مختلف گردد (Liu et al., 2008). مطالعات نشان داده‌اند که محلول‌پاشی برخی از عناصر غذایی میکرو روش موفق‌تری برای افزایش عملکرد گیاهان زراعی می‌باشد، زیرا در شرایط عادی مقادیر کمی از عناصر غذایی میکرو مورد استفاده قرار می‌گیرد و این عناصر مستقیماً به خاک اضافه نمی‌شوند (Teixeira et al., 2004). بنابراین، مصرف برگی و محلول‌پاشی عناصر ریزمغذی نظیر آهن، بُر، مس، روی و منگنز در شرایط خاک‌های ایران از مصرف آن‌ها در خاک به‌دلیل رفع سریع کمبود، آسانی اجرای آن، کاهش سمّیت ناشی از تجمع این عناصر در خاک و جلوگیری از تثبیت مفیدتر بوده و می‌تواند در افزایش عملکرد گیاه مؤثر واقع شود (Gooding & Davies, 1992). کاربرد محصولات حاوی اسیدهای آمینه (که دارای منابع سرشاری از نیتروژن، فسفر، پتاسیم، ریزمغذی‌ها و اسیدهای آمینه هستند) به‌منظور بهبود رشد و توسعه ریشه‌ها و نهایتاً تغذیه مطلوب گیاهی و افزایش عملکرد مورد استفاده قرار می‌گیرد که جایگزین مطلوبی برای کودهای شیمیایی می‌باشند. این ترکیبات می‌توانند با افزایش درصد نیتروژن محتوی گیاهی موجب افزایش پروتئین دانه گردند. مطالعات نشان داده‌اند که درصد نیتروژن، فسفر و پتاسیم محتوی دانه نخود (*Cicer arietinum* L.) با محلول‌پاشی اسیدآمینه افزایش معنی‌داری داشته است (Mahmudi & Rustaei, 2012). اسید فولویک نیز موجب افزایش کارایی جذب عناصر غذایی و نفوذپذیری آن‌ها می‌شود. همچنین، این ترکیب موجب افزایش تقسیم سلولی، طویل شدن سلول‌ها و افزایش ظرفیت تولید از طریق افزایش سنتز کلروفیل می‌گردد (Mothaghi, 2015). به‌دلیل وزن مولکولی کم و اندازه کوچک اسید فولویک، این مولکول آمادگی ایجاد کمپلکس با مینرال‌ها، عناصر مختلف و در نتیجه، بالا بردن حلالیت و تحرک عناصر در گیاه و خاک را به همراه دارد. اسید فولویک می‌تواند تعداد زیادی از عناصر از جمله عناصر ریزمغذی و کمیاب را کمپلکس کند، به‌طوری‌که این عناصر بتوانند در شرایطی کاملاً طبیعی توسط ریشه گیاه جذب شده و در نتیجه، منجر به بهبود رشد گیاه گردند (Schnitzer, 1977).

بنابراین، با توجه به اهمیت و ضرورت تغذیه مناسب و سازگار با محیط زیست، هدف از انجام این تحقیق بررسی کاربرد انواع کودهای مصرفی در خاک بر عملکرد و اجزای عملکرد آفتابگردان آجیلی رقم شمشیری بود که همراه با انواع مکمل‌های تغذیه‌ای به‌صورت محلول‌پاشی در جهت تقویت بوته‌های آفتابگردان استفاده شد تا در نهایت، بهترین کود مصرفی به همراه مکمل تغذیه‌ای معرفی شود.

مواد و روش‌ها

به‌منظور بررسی پاسخ آفتابگردان به کاربرد کود شیمیایی نیتروژنه، کود آلی ورمی‌کمپوست و کود زیستی مایکوریزا به همراه محلول‌پاشی با کود مایع آمینوفیش AMI 16، اسید فولویک و کود میکروکامل، آزمایشی به‌صورت کرت‌های خرد شده بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار در مزرعه تحت نظارت جهاد کشاورزی صوفیان واقع در روستای خواجه‌مرجان با مختصات جغرافیایی ۳۸ درجه و ۱۲ دقیقه عرض شمالی و ۴۵ درجه و ۲۸ دقیقه طول شرقی در بهار سال ۱۳۹۸ انجام شد. بذور آفتابگردان از نوع آجیلی و رقم شمشیری محلی بودند که از شهرستان خوی تهیه شدند. پس از تهیه بذور، آزمون جوانه‌زنی در محیط پتری‌دیش و در دستگاه ژرمیناتور (دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد در روز و ۱۸ درجه سانتی‌گراد در شب، رطوبت ۷۰ درصد و با طول مدت روشنایی ۱۴ ساعت با شدت ۱۲۰۰۰ لوکس) انجام و مشخّص گردید که بالای ۹۵ درصد بذور قابلیت جوانه‌زنی دارند. پیش از آماده‌سازی قطعه زمین مورد نظر، با استفاده از الگوی W از عمق ۶۰-۰ سانتی‌متری نمونه‌گیری شده و درصد عناصر موجود در آن تعیین شد که نتایج مربوط به آزمایش خاک در جدول ۱ آورده شده است.

جدول ۱- نتایج تجزیه فیزیکی و شیمیایی نمونه خاک تهیه شده از قطعه زمین مورد نظر از عمق صفر تا ٦٠ سانتی‌متری در سال ۱۳۹۸

Table 1- Physical and chemical analysis of the experimental soil collected from a depth of 0-60 cm in 2019

عمق نمونه برداری Sampling depth (cm)	بافت خاک Soil texture نوع بافت Soil type	رس Clay (%)	سیلت Silt (%)	شن Sand (%)	اسیدیته pH	هدایت الکتریکی EC ($ds.m^{-1}$)	مواد آلی Organic matter (%)	نیتروژن N (%)	فسفر P ($mg.kg^{-1}$)	پتاسیم K ($mg.kg^{-1}$)
0-60	لومی- شنی Loam-sany	22	34	44	8.5	0.78	0.56	0.04	18.5	461.5

آهن Fe ($mg.kg^{-1}$)	منگنز Mn ($mg.kg^{-1}$)	روی Zn ($mg.kg^{-1}$)	منیزیم Mg ($mg.kg^{-1}$)	کلسیم Ca ($mg.kg^{-1}$)	مس Cu ($mg.kg^{-1}$)	آهک CaO (%)
3.60	4.8	0.44	202.55	478.3	0.84	12.4

تحقیق حاضر در قطعه زمینی به مساحت ۶۸۲ مترمربع انجام شد که در پاییز شخم زده شده و در اواخر زمستان و اوایل بهار پس از دیسک‌زنی، تسطیح و کرت‌بندی شد. قبل از کاشت و به‌منظور کمک به آزادسازی سریعتر عناصر در خاک و کاهش اسیدیته، از کود شیمیایی گوگرد خالص (گوگرد گرانوله از منبع بنتونیت‌دار) به‌میزان ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار استفاده شد. قبل از ایجاد ردیف‌های کاشت به صورت جوی- پشته نیز مقادیر کودی در نظر گرفته شده بر اساس نیاز و پتانسیل تولید منطقه محاسبه و به خاک اضافه شدند و با ایجاد ردیف‌های کاشت تا عمق ۶۰ سانتی‌متری با خاک مخلوط شدند. در تیمار کود شیمیایی، کود نیتروژنه از منبع اوره (۴۶ درصد نیتروژن؛ ۱۰۳/۵کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار؛ شرکت پتروشیمی پردیس، تهران، ایران) در چهار نوبت مصرف شد، به‌طوری‌که بخش اول قبل از کاشت به خاک افزوده شد و بخش‌های دوم تا چهارم در مراحل چهار برگی، هشت برگی و قبل از گل‌دهی به خاک اضافه شدند. کود آلی ورمی‌کمپوست از شرکت تک ورمی‌کمپوست آذربایجان تهیه شد که با اسید هیومیک طبیعی و باکتری‌های مفید غنی شده بود. در این تیمار، میزان ورمی‌کمپوست مورد نیاز طرح معادل مقدار کود نیتروژنه توصیه شده در آزمایش خاک منطقه بود که درصد نیتروژن محتوی ورمی‌کمپوست بر مبنای آن محاسبه شده و کل مقدار تهیه شده (به میزان ۸۱۴۹ کیلوگرم در هکتار محتوی ۱۰۳/۵ کیلوگرم در هکتار نیتروژن خالص؛ ۱۰۱/۸۶ کیلوگرم در هکتار فسفر؛ ۱۶۷/۸۷ کیلوگرم در هکتار پتاسیم) در ابتدای فصل به زمین اضافه شد. در تیمار مایکوریزای آرباسکولار (*Glomus mosseae*، *Glomus intraradices*، *Glomus etunicatum*)(شرکت زیست‌فناور پیشتاز واریان) نیز کود شیمیایی نیتروژنه از منبع اوره معادل یک چهارم تیمار کود شیمیایی تهیه و قبل از کاشت به خاک اضافه گردید. بر اساس نظر کارشناس خاکشناسی، حد مطلوب فسفر قابل جذب ۱۵ پی‌پی‌ام و حد مطلوب پتاسیم قابل جذب ۳۰۰ پی‌پی‌ام بود و از اینرو از مصرف کودهای فسفره و پتاسه خودداری گردید.

با پایان عملیات آماده‌سازی زمین، بذور آفتابگردان در اوایل اردیبهشت ماه به‌صورت هیرم‌کاری در محل داغ‌آب ردیف‌ها کاشته شدند، به‌طوری‌که جهت اطمینان از سبز شدن در هر محل کاشت دو تا سه عدد بذر ریخته شده و پس از سبز شدن گیاهچه‌ها و رسیدن آن‌ها به مرحله دو برگی حقیقی، بوته‌های اضافی تنک شدند. تمامی بذور قبل از کاشت به‌مدت ۲۴ ساعت در آب خیسانده شدند. در تیمار مایکوریزا، بذور پس از خیساندن به‌میزان لازم با قارچ مایکوریزا بذرمال شده و در هنگام کاشت نیز به اندازه یک قاشق چای‌خوری به هر چاله کشت، قارچ مایکوریزا اضافه گردید. هر کرت از پنج ردیف به‌طول شش متر تشکیل شده بود؛ به‌طوری‌که فاصله بوته‌ها بر روی ردیف‌ها ۳۵ سانتی‌متر و فاصله آن‌ها در بین ردیف‌ها ۶۰ سانتی‌متر در نظر گرفته شد. همچنین، در بین کرت‌های اصلی و بین بلوک‌ها نیز دو متر فاصله در نظر گرفته شد. نخستین آبیاری بلافاصله پس از کاشت و آبیاری‌های بعدی بر اساس نیاز آبی گیاهان تا مرحله رسیدگی فیزیولوژیکی با دور آبیاری هر شش روز یک بار انجام شدند. در طول فصل رشدی، آفت یا بیماری خاصی در مزرعه مشاهده نشد.

جدول ۲- نتایج تجزیه کودی مربوط به محتوای کود ورمی‌کمپوست، کود آمینوفیش AMI 16 و کود میکرو کامل مورد استفاده در آزمایش

Table 2- Nutrient contents of vermicompost, amino fish AMI-16 and micro fertilizers prepared based on analysis of these three fertilizers used in this experiment

ورمی کمپوست Vermicompost	نیتروژن کل Total N (%)	فسفر P (%)		پتاسیم K (%)	آهن Fe (mg.kg^{-1})	کربن آلی Organic C (%)	نسبت کربن به نیتروژن C/N		اسیدیته pH	هدایت الکتریکی EC (ds.m^{-1})
	1.27	1.25		2.06	1114.6	20.38	16.04		5.5-6.8	2.68
کود آمینوفیش AMI 16 Amino fish AMI-16 fertilizer	اسید آمینه آزاد Free amino acid (%)	نیتروژن N (%)	فسفر P_2O_5 (%)	پتاسیم K_2O (%)	بُر B (%)	مس Cu (%)	آهن Fe (%)	منگنز Mn (%)	مولیبدن Mo (%)	روی Zn (%)
	16	8.4	8	4	0.04	0.05	0.16	0.68	0.004	0.68
کود میکرو کامل Micro fertilizer	مس محلول در آب Water soluble Cu (%)	آهن محلول در آب Water soluble Fe (%)		منگنز محلول در آب Water soluble Mn (%)		روی محلول در آب Water soluble Zn (%)		گوگرد S (%)	اسید سیتریک Citric acid (%)	اسیدیته pH
	1	7.5		6.5		11.5		13.7	14	3-5

مهم‌ترین علف‌های هرز موجود در مزرعه شامل علف شور (*Salsola tragus* L.)، تاج خروس خوابیده (*Amaranthus blitoides* S.Wats) و خرفه (*Portulaca oleracea* L.) به‌صورت دستی و در دو مرحله رشدی ۴ و ۸ برگی حقیقی وجین شدند. محلول‌پاشی با کود مایع آمینوفیش AMI 16 (شرکت گرین مور، جی اند جی اسپانیا) به‌میزان ۳۰۰ تا ۵۰۰ سی‌سی در هر ۱۰۰ لیتر آب، اسید فولویک (شرکت آگرومین، اسپانیا) به‌میزان ۲۵۰ تا ۵۰۰ گرم در هکتار و کود میکروکامل (کاره کمبی؛ شرکت کاره تاریم، ترکیه) به میزان ۰/۴ تا ۰/۵ کیلوگرم در هزار لیتر آب در مراحل قبل از گل‌دهی و گل‌دهی در دو تکرار انجام شدند. کود مایع آمینوفیش AMI 16 محتوی انواع اسیدهای آمینه ضروری برای رشد و نمو گیاه شامل تئانین، اسید آسپارتیک، سرین، پرولین، اسید گلوتامیک، گلیسرین، آلانین، سیستئین، والین، متیونین، ایزولوسین، تیروزین، فنیل آلانین، لیزین، هیستدین و آرژنین بود. محتوای کود ورمی‌کمپوست، کود مایع آمینوفیش AMI 16 و کود میکرو کامل در جدول ۲ آمده است.

پس از رسیدن بوته‌ها به مرحله رشد زایشی و نزدیک به زمان رسیدگی فیزیولوژیک، ۱۰ بوته از ردیف‌های مرکزی هر کرت پس از حذف اثر حاشیه انتخاب و علامت‌گذاری شدند و صفاتی از قبیل ارتفاع، قطر ساقه، قطر طبق و تعداد دانه در طبق اندازه‌گیری شده و در نهایت، پس از زرد شدن پشت طبق‌های آفتابگردان و پرشدن دانه‌ها، عملکرد و اجزای عملکرد محاسبه شدند. بدین منظور، این ۱۰ بوته از سطح ۲/۱ مترمربعی هر کرت برداشت شده و به محیط آزمایشگاه منتقل شدند. در آزمایشگاه، بوته‌ها به اجزای آن تقسیم شده و برای رسیدن به وزن ثابت به آون با دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد به‌مدت ۷۲ ساعت منتقل شده و سپس توزین شدند. در نهایت، عملکرد بیولوژیک، عملکرد دانه آفتابگردان در سطح هکتار و شاخص برداشت محاسبه شدند. وزن هزار دانه نیز با شمارش ۱۰۰۰ عدد از بذور آفتابگردان و توزین آن‌ها در ترازوی دیجیتال با دقت یک دهم به‌دست آمد. استخراج روغن بذور با استفاده از حلال دی اتیل اتر صورت گرفت، به‌طوری‌که از نمونه بذور هر کرت حدود ۲۰ گرم انتخاب و مغز بذور جداسازی گردید. از هر نمونه مقدار دو گرم وزن شده و ناخالصی‌ها جداسازی شدند و سپس داخل هاون چینی خرد گردیده و مقدار یک گرم از آن‌ها به داخل لوله‌های آزمایشی ریخته شدند. حدود ۱۰ میلی‌لیتر از حلال دی اتیل اتر به لوله‌های آزمایشی اضافه شده و محلول آماده‌سازی شده با استفاده از دستگاه ورتکس هم زده شد تا مخلوط یکنواختی به‌دست آید. سپس، محتوی لوله‌های آزمایشی به داخل فالکون‌های ۵۰ میلی‌لیتری انتقال داده شدند. فالکون‌ها به‌مدت ۱۰ دقیقه با سرعت ۱۰ هزار دور در دقیقه سانتریفیوژ شدند. پس از رسوب تفاله‌های بذر در قسمت انتهایی فالکون‌ها، محلول باقی‌مانده در قسمت بالایی فالکون‌ها که شامل

دی اتیل اتر به همراه روغن بذور بود جمع‌آوری شده و محتویات آن به داخل لوله‌های آزمایش دیگری که از قبل وزن شده بود، ریخته شدند. به‌منظور جداسازی حلال از ماده روغنی، محلول‌ها به داخل دستگاه آون با دمای ۳۰ درجه سانتی‌گراد به‌مدت ۲۴ ساعت منتقل شدند. پس از تبخیر و جداشدن حلال دی اتیل اتر، تنها ماده باقی‌مانده روغن آفتابگردان بود که وزن آن با کسر وزن لوله آزمایش محتوی روغن از لوله آزمایشی که قبلاً وزن شده بود، به‌دست آمد (Zeinali et al., 2018).

تجزیه و تحلیل داده‌ها و محاسبات مربوط به آن‌ها با استفاده از نرم‌افزارهای آماری Minitab نسخه ۱۷ و SAS نسخه ۹/۲ انجام شده و مقایسه میانگین بین تیمارها نیز با استفاده از آزمون حداقل تفاوت معنی‌داری (LSD) در سطح احتمال یک درصد انجام شد. پیش از تجزیه واریانس، داده‌های آزمایش با استفاده از آزمون عدم معنی-داری به‌روش آندرسون- دارلینگ آزموده شدند و داده‌هایی که نرمال نبودند، تبدیل داده بر روی آن‌ها انجام شد.

نتایج و بحث

ارتفاع بوته

سیستم‌های تغذیه‌ای تأثیر قابل ملاحظه‌ای را بر ارتفاع بوته‌های آفتابگردان در سطح احتمال پنج درصد داشتند ($p\leq۰/۰۵$) (جدول ۳)، به‌طوری‌که با کاربرد مایکوریزا افزایش بیشتری در ارتفاع بوته‌های آفتابگردان در مقایسه با ورمی‌کمپوست و کود نیتروژنه به‌دست آمد، ولی بین ورمی‌کمپوست و کود نیتروژنه از نظر آماری اختلاف معنی-داری مشاهده نشد (جدول ۴). قارچ‌های مایکوریزا می‌توانند بر رشد ریشه‌های گیاهان و در پی آن بر رشد طولی گیاهان اثرات مثبتی داشته باشند. خلیل و یوسف (Khalil & Yousef, 2014) تأثیر سطوح مختلف کود شیمیایی فسفر و قارچ مایکوریزا را بر خصوصیات رشدی شاهی (*Lepidium sativum* L.) مورد بررسی قرار داده و نتیجه گرفتند که قارچ مایکوریزا همراه با کود فسفره موجب افزایش بیشتری در ارتفاع بوته‌های این گیاه می‌شود. تمامی تیمارهای محلول‌پاشی شامل کود مایع آمینوفیش AMI 16، اسید فولویک و کود میکرو کامل موجب افزایش معنی‌دار و مشابهی در ارتفاع بوته-های آفتابگردان شدند، به‌طوری‌که این سه تیمار به‌ترتیب به‌میزان ۱۵/۰۱، ۱۱/۱۶ و ۱۸/۱۹ درصد بر ارتفاع بوته‌های آفتابگردان در مقایسه با شاهد افزودند (جدول ۴). بررسی‌ها نشان داده‌اند که اسیدهای آمینه موجب تحریک رشد در گیاهان می‌شوند (Kandil & Eman, 2017)، چرا که این ترکیبات میزان تولید آنزیم‌ها و پروتئین-های لازم برای رشد در ساقه‌ها را افزایش می‌دهند. آهن، روی و بُر نیز نقش مهمی در میزان تولید آسیمیلات‌ها و انتقال آن‌ها به سایر بخش‌ها بر عهده دارند. بررسی‌ها نشان داده‌اند که آهن در سنتز کلروفیل، سنتز تایلاکوئید و توسعه کلروپلاست نقش مهمی دارد (Bozorgi, 2012). اثرات متقابل سیستم‌های تغذیه‌ای و محلول‌پاشی بر ارتفاع بوته‌های آفتابگردان در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار بود (جدول ۳)، به‌طوری‌که برش‌دهی اثر متقابل محلول‌پاشی برای هر یک از سیستم‌های تغذیه‌ای نشان داد که در تمامی سیستم‌های تغذیه‌ای، بیشترین ارتفاع بوته‌های آفتابگردان از کاربرد کود مایع آمینوفیش AMI 16 و کود میکرو کامل به‌دست می‌آید. وانگ و همکاران (Wang et al., 2019) گزارش نمودند که محلول‌پاشی اسیدهای آمینه موجب افزایش معنی‌دار ارتفاع بوته‌های لوبیا چشم بلبلی (*Vigna unguiculata* L. Walp.) می‌شود. تگزیرا و همکاران (Teixeira et al., 2004) نیز اظهار داشتند که روی عنصر ضروری جهت سنتز تریپتوفان به‌عنوان پیش‌ساز ایندول استیک اسید است که می‌تواند رشد گیاهی را افزایش دهد. لذا، کاربرد این عنصر می‌تواند منجر به افزایش رشد طولی ساقه گردد. شاکر و الدوری (Shaker & Al-Doori, 2012) گزارش کردند که کمبود عنصر روی می‌تواند طول میانگره‌ها در آفتابگردان را کاهش دهد. باوجودی‌که بیشترین ارتفاع مربوط به کاربرد مایکوریزا به همراه کود میکرو کامل بود، ولی بین تیمارهای محلول‌پاشی در این تیمار کودی اختلاف معنی‌داری وجود نداشت. تیمار کود نیتروژنه به همراه عدم محلول‌پاشی (شاهد) با ارتفاع ۱۰۰/۲۶ سانتی‌متر کمترین مقدار را در بین تمامی تیمارهای به‌کار برده شده به خود اختصاص داد (جدول‌های ۵ و ۶).

جدول ۳- نتایج تجزیه واریانس (میانگین مربعات) سیستم‌های تغذیه‌ای و محلول‌پاشی بر صفات مورفولوژیکی و برخی از اجزای عملکرد آفتابگردان

Table 3- Analysis of variance (mean of squares) of morphological characteristics and some of yield components in sunflower (*Helianthus annuus* L.) under different nutrition systems and foliar spraying

منبع تغییرات S.O.V	درجه آزادی d.f	ارتفاع Height	قطر ساقه Stem diameter	قطر طبق Capitule diameter	تعداد دانه در طبق Seed number.capitule^{-1}	وزن هزار دانه 1000-kenel weight
بلوک Block	2	87.44	9.62	2.11	6142.2	373.32
سیستم تغذیه‌ای (فاکتور A) Nutrition system (A)	2	1622.90*	47.42**	78.62**	22846.9**	2092.58**
خطای فاکتور A Error A	4	1717.54	4.17	59.01	4768.5	509.59
محلول‌پاشی (فاکتور B) Foliar spraying (B)	3	1269.29**	34.78**	74.83**	39661.4**	3816.28**
فاکتور B × فاکتور A A×B	6	233.45*	5.67*	3.23*	1238.6*	111.25*
خطای کل Total error	18	78.45	2.1	1.35	461.5	46.87
برش‌دهی اثر متقابل محلول‌پاشی برای هر یک از سیستم‌های تغذیه‌ای **The slicing for effects of nutrition systems × foliar spraing – mean squares**						
ورمی کمپوست Vermicompost	3	287.26*	20.51**	34.85**	13946**	1200.77**
مایکوریزا Mycorrhizae	3	70.46 ^{ns}	1.11 ^{ns}	15.87**	16788**	983.26**
کود نیتروژنه Nitrogen fertilizer	3	1378.48**	24.49**	30.57**	11405**	1854.74**

* و **: به‌ترتیب معنی‌داری در سطح احتمال پنج و یک درصد را نشان می‌دهند؛ ns: عدم معنی‌داری.

* and **: show significantly different at α = 0.05 and α = 0.01, respectively, and ns: is not significantly different.

قطر ساقه

تأثیر سیستم‌های تغذیه‌ای بر قطر ساقه در بوته‌های آفتابگردان در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود ($p≤۰/۰۱$) (جدول ۳)، به‌طوری‌که قطر ساقه آفتابگردان در تیمارهای مایکوریزا و ورمی-کمپوست مقدار بیشتری را در مقایسه با کود نیتروژنه نشان دادند (جدول ۴). تحقیقات نشان داده‌اند که با افزایش دسترسی گیاهان به عناصر غذایی موجود در کودهای زیستی، ترشح هورمون‌های رشدی افزایش یافته و در نهایت، با افزایش فتوسنتز، فعالیت کامبیوم‌های ساقه افزایش می‌یابد (Ahmad et al., 2008). تأثیر تیمارهای محلول‌پاشی نیز بر قطر ساقه در بوته‌های آفتابگردان در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود ($p≤۰/۰۱$) (جدول ۳)، به‌طوری‌که با کاربرد کود مایع آمینوفیش AMI 16 و کود میکرو کامل افزایش معنی‌داری در قطر ساقه‌های این محصول صنعتی مشاهده شد (جدول ۴). اثرات متقابل سیستم‌های تغذیه‌ای و محلول‌پاشی بر قطر ساقه در بوته‌های آفتابگردان در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار بود (جدول ۳)، به‌طوری‌که با کاربرد تیمارهای محلول‌پاشی بر قطر ساقه در بوته‌های آفتابگردان در مقایسه با شاهد عدم محلول‌پاشی افزوده شد. بیشترین قطر ساقه از کاربرد مایکوریزا با محلول‌پاشی کود میکرو کامل (۲۲/۰۵ میلی‌متر) به‌دست آمد. کمترین قطر ساقه در بین تمامی تیمارهای کاربردی نیز مربوط به کاربرد کود نیتروژنه در حالت عدم محلول‌پاشی (۱۳/۸۸ میلی‌متر) بود (جدول‌های ۵ و ۶).

قطر طبق

قطر طبق در بوته‌های آفتابگردان تحت تأثیر سیستم‌های تغذیه-ای در سطح احتمال یک درصد قرار گرفت (جدول ۳)، به‌طوری‌که تیمارهای مایکوریزا و ورمی‌کمپوست به‌ترتیب با ۱۹/۹۰ و ۱۸/۷۵ سانتی‌متر بیشترین قطر طبق را در مقایسه با کود نتیروژنه نشان دادند (جدول ۴). کاویتا و نلسون (Kavitha & Nelson, 2014) نشان

دادند که کاربرد مایکوریزا موجب افزایش معنی‌دار قطر طبق آفتابگردان می‌شود، به‌طوری‌که آن‌ها بیشترین قطر طبق را با کاربرد قارچ‌های *Glomus mosseae*، *G. fasciculatum* و *G. scrobiculata* گزارش کردند. فیاضی و همکاران (Fayazi et al., 2016) بیان داشتند که تیمار ورمی‌کمپوست با ۳۰/۹۰ میلی‌متر بیشترین قطر طبق را در بوته‌های سرخارگل (*Echinacea purpurea* L.) ایجاد کرد که در مقایسه با شاهد قابل ملاحظه بود.

جدول ۴- تأثیر سیستم‌های تغذیه‌ای و محلول‌پاشی روی صفات مورفولوژیکی و برخی از اجزای عملکرد آفتابگردان

Table 4- Sunflower (*Helianthus annuus* L.) morphological characteristics and some of yield components under different nutrition systems and foliar spraying

سیستم‌های تغذیه‌ای Nutrition systems	ارتفاع Height (cm)	قطر ساقه Stem diameter (mm)	قطر طبق Capitule diameter (cm)	تعداد دانه در طبق Seed number.capitule^{-1}	وزن هزار دانه 1000-kernel weight (g)
ورمی کمپوست Vermicompost	136.84	19.76	18.75	483.36	169.57
مایکوریزا Mycorrhizae	152.88	21.33	19.90	500.80	175.75
کود نیتروژنه Nitrogen fertilizer	130.28	17.39	15.01	418.03	150.42
حداقل تفاوت معنی‌داری (۱٪) LSD (1%)	10.41	1.70	1.36	25.24	8.05
تیمارهای محلول‌پاشی Foliar spraying treatments					
شاهد (عدم محلول‌پاشی) Control	123.77	17.34	14.56	382.62	142.63
کود مایع آمینوفیش AMI 16 Amino fish AMI-16 fertilizer	145.63	20.22	19.69	497.16	168.77
اسید فولویک Fulvic acid	139.32	18.57	16.47	452.27	157.98
کود میکرو کامل Micro fertilizer	151.29	21.85	20.82	537.53	191.62
حداقل تفاوت معنی‌داری (۱٪) LSD (1%)	12.02	1.97	1.58	29.15	9.29

تیمارهای محلول‌پاشی نیز موجب افزایش معنی‌دار قطر طبق در بوته‌های آفتابگردان شدند (p≤۰/۰۱) (جدول ۳)، به‌طوری‌که بیشترین افزایش مربوط به کاربرد کود میکروکامل و کود مایع آمینوفیش AMI 16 (به‌ترتیب با ۲۰/۸۲ و ۱۹/۶۹ سانتی‌متر) بود و این تیمارها به‌میزان ۳۰/۰۷ و ۲۶/۰۵ درصد بر قطر طبق بوته‌های آفتابگردان در مقایسه با شاهد افزودند (جدول ۴). اثرات متقابل سیستم‌های تغذیه‌ای و محلول‌پاشی بر قطر طبق در بوته‌های آفتابگردان در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار بود (جدول ۳)، به‌طوری‌که برش‌دهی اثر متقابل محلول‌پاشی برای هر یک از سیستم‌های تغذیه‌ای نشان داد که با کاربرد تیمارهای محلول‌پاشی (به‌خصوص کود میکرو کامل و کود مایع آمینوفیش AMI 16)، قطر طبق در بوته‌های آفتابگردان در مقایسه با شاهد افزایش می‌یابد. بیشترین قطر طبق با کاربرد ورمی‌کمپوست به همراه محلول‌پاشی با کود میکرو کامل (۲۲/۸۷ سانتی‌متر) به‌دست آمد، ولی بین این تیمار و تیمار کاربرد کود مایع آمینوفیش AMI 16 اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد (جدول‌های ۵ و ۶).

جدول ۵- نتایج تجزیه واریانس (میانگین مربعات) برش‌دهی محلول‌پاشی برای هر یک از سیستم‌های تغذیه‌ای بر صفات مورفولوژیکی و برخی از اجزای عملکرد آفتابگردان

Table 5- Analysis of variance (mean of squares) of morphological characteristics and some of yield components in sunflower (*Helianthus annuus* L.) under physical slicing for foliar spraying at different nutrition systems (a_1, a_2 and a_3) separately

منبع تغییرات S.O.V.	درجه آزادی d.f	ارتفاع Height	قطر ساقه Stem diameter	قطر طبق Capitule diameter	تعداد دانه در طبق Seed number.capitule^{-1}	وزن هزار دانه 1000-kernel weight
ورمی‌کمپوست Vermicompost (a_1)						
بلوک Block	2	815.20	12.12	79.75	174.30	758.35
محلول‌پاشی (فاکتور B) Foliar spraying (Factor B)	3	287.26**	20.51**	34.85**	13945.58**	1200.77**
خطا Error	6	28.08	1.66	1.94	502.78	27.37
مایکوریزا Mycorrhizae (a_2)						
بلوک Block	2	358.02	5.20	14.99	6849.81	374.79
محلول‌پاشی (فاکتور B) Foliar spraying (Factor B)	3	70.46 ns	1.11 ns	15.87**	16787.77**	983.26**
خطا Error	6	89.97	2.23	1.25	486.88	75.44
کود نیتروژنه Nitrogen fertilizer (a_3)						
بلوک Block	2	2349.30	0.65	25.37	8655.14	259.35
محلول‌پاشی (فاکتور B) Foliar spraying (Factor B)	3	1378.48**	24.49**	30.57**	11405.33**	1854.74
خطا Error	6	117.28	2.41	0.85	394.80	37.79
کل Total	11	–	–	–	–	–

* و **: به‌ترتیب معنی‌داری در سطح احتمال پنج و یک درصد را نشان می‌دهند، ns: عدم معنی‌داری.

* and **: show significantly different at α = 0.05 and α = 0.01, respectively, and ns: is not significantly different.

تعداد دانه در طبق

تأثیر سیستم‌های تغذیه‌ای بر تعداد دانه در طبق آفتابگردان در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۳)، به‌طوری‌که بیشترین تعداد دانه در طبق از کاربرد کودهای مایکوریزا و ورمی‌کمپوست به ترتیب با ۵۰۰/۸۰ و ۴۸۳/۳۶ عدد به‌دست آمد و بین این تیمارها اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد (جدول ۴). حیدری و کرمی (Heidari & Karami, 2013) گزارش کردند که سویه مایکوریزایی *G. mosseae* از بیشترین تأثیر بر تعداد دانه در طبق آفتابگردان برخوردار بوده و نسبت به تیمار عدم تلقیح، ۸/۸ درصد موجب افزایش آن شد. غلامی و همکاران (Gholami et al., 2015) نیز نشان دادند که بین تلقیح مایکوریزایی و عدم تلقیح آن تفاوت معنی‌داری از نظر تعداد دانه در چترهای رازیانه (*Foeniculum vulgare* Mill.) وجود داشت، به‌طوری‌که تعداد دانه در چترهای این گیاه دارویی در نتیجه تلقیح مایکوریزایی حدود ۱۲/۹ درصد بیشتر از عدم تلقیح بود. تأثیر تیمارهای محلول‌پاشی نیز بر تعداد دانه در طبق بوته‌های آفتابگردان در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (p≤۰/۰۱) (جدول ۳)، به‌طوری‌که بیشترین تعداد دانه در طبق مربوط به کاربرد کود میکرو کامل با ۵۳۷/۵۳ عدد و کمترین آن مربوط به شاهد با ۳۸۲/۶۲ عدد بود (جدول ۴). رحیمی‌زاده و همکاران (Rahimizadeh et al., 2010) تأثیر کاربرد کودهای آهن و روی را در آفتابگردان مورد بررسی قرار داده و نتیجه گرفتند که کاربرد هر دو کود موجب افزایش معنی‌دار تعداد دانه در طبق می‌شود. اثرات متقابل سیستم‌های تغذیه‌ای و محلول‌پاشی بر تعداد دانه در طبق بوته‌های آفتابگردان در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار بود (p≤۰/۰۱) (جدول ۳)، به‌طوری‌که برش‌دهی اثر متقابل محلول‌پاشی برای هر یک از سیستم‌های تغذیه‌ای نشان داد که در تمامی تیمارهای کودی به‌کار رفته (به‌استثنای

اسید فولویک در تیمار ورمی‌کمپوست) با اعمال محلول‌پاشی، بر تعداد دانه در طبق بوته‌های آفتابگردان در مقایسه با تیمار عدم محلول‌پاشی افزوده می‌شود. بیشترین تعداد دانه در طبق در تمامی سیستم‌های تغذیه‌ای از کاربرد کود میکرو کامل به‌دست آمد. پوکی دانه‌های مرکزی طبق در آفتابگردان امری شایع است، چرا که در بخش مرکزی طبق، آوندهای چوب و آبکش ناقص باقی مانده و لذا، آب و آسیمیلات‌ها به این بخش نمی‌رسند که در نتیجه آن از تولید دانه در این بخش از طبق کاسته می‌شود. از سوی دیگر، پر شدن دانه‌ها به میزان آسیمیلات‌های موجود به‌ویژه در مراحل اولیه رشد دانه و نیز به ظرفیت و توانایی آن‌ها جهت ذخیره‌سازی بستگی دارد. بر این اساس، دانه‌های کناری طبق در آفتابگردان از ظرفیت و توان بالاتری در ذخیره‌سازی آسیمیلات‌ها برخوردار هستند. با توجه به زمان پیدایش گل‌ها و بر پایه آسیمیلات‌های موجود و روابط هورمونی، درصد بالایی از پوکی دانه‌ها به‌خصوص در دانه‌های مرکزی مشاهده شده و حتی با حذف دانه‌های کناری امکان پر شدن کامل آن‌ها وجود ندارد (Yarnia & Rahmati, 2007). آهن از جمله ترکیباتی است که می‌تواند این نقص را در آفتابگردان کاهش داده و موجب افزایش تولید دانه گردد (Eichert et al., 2010). ظفر و همکاران (Zafar et al., 2014) نیز افزایش پنج درصدی تعداد کل دانه‌ها در طبق آفتابگردان را تحت تأثیر کاربرد کود روی در مقایسه با شاهد گزارش کردند. به نظر می‌رسد که اسیدهای آمینه نیز نقش مؤثری را در افزایش تعداد دانه‌ها داشته باشند. کسرایی و همکاران (Kasraie et al., 2012) افزایش معنی‌داری را در تعداد دانه ذرت (*Zea mays* L.) با محلول‌پاشی اسیدهای آمینه گزارش نمودند. اسیدهای آمینه علاوه‌بر نقشی که در تأمین آسیمیلات‌ها دارند، از طریق تأثیر بر باروری و لقاح نیز می‌توانند موجب افزایش تعداد دانه تولیدی در گیاهان شوند. اسپولجارویچ و همکاران (Spoljarevic et al., 2011) نشان دادند که کاربرد خارجی اسیدآمینه پرولین موجب افزایش تعداد دانه تولیدی ذرت می‌شود که دلیل این افزایش را به تأثیر این اسید آمینه بر موفقیت لقاح در ذرت مرتبط دانستند. در مقابل، کمترین تعداد دانه در طبق در تمامی سیستم‌های تغذیه‌ای نیز مربوط به تیمار عدم محلول‌پاشی بود (جدول‌های ۵ و ۷).

وزن هزار دانه

وزن هزار دانه در آفتابگردان تحت تأثیر سیستم‌های تغذیه‌ای در سطح احتمال یک درصد قرار گرفت (جدول ۳)، به‌طوری‌که بیشترین وزن هزار دانه مربوط به تیمارهای کودی مایکوریزا و ورمی‌کمپوست به‌ترتیب با ۱۷۵/۷۵ و ۱۶۹/۵۷ گرم بود. کمترین وزن هزار دانه نیز از کاربرد کود نیتروژنه با ۱۵۰/۴۲ گرم به‌دست آمد (جدول ۴). جمشیدی و همکاران (Jamshidi et al., 2009) گزارش کردند که وزن هزار دانه آفتابگردان در تیمار تلقیح با قارچ مایکوریزای *G. mosseae* به میزان ۲۰/۵۲ درصد در مقایسه با تیمار عدم تلقیح با این قارچ زیستی افزایش می‌یابد. همچنین، حیدری و کرمی (Heidari & Karami, 2013) بیان داشتند که سویه مایکوریزایی *G. etunicatum* از بیشترین تأثیر بر وزن هزار دانه آفتابگردان برخوردار بود و نسبت به تیمار بدون تلقیح منجر به افزایش ۶/۳ درصدی شد. وزن هزاردانه در آفتابگردان تحت تأثیر تیمارهای محلول‌پاشی با کود مایع آمینوفیش AMI 16، اسید فولویک و کود میکرو کامل قرار گرفت (p≤۰/۰۱) (جدول ۳)، به‌طوری‌که بیشترین وزن هزار دانه مربوط به کاربرد کود میکرو کامل (۱۹۱/۶۲ گرم) و کمترین آن نیز مربوط به شاهد بدون کاربرد محلول‌پاشی (۱۴۹/۶۳ گرم) بود (جدول ۴). برش‌دهی اثرات متقابل محلول‌پاشی برای هر یک از سیستم‌های تغذیه‌ای نشان داد که در تمامی تیمارهای کودی با کاربرد کود میکرو کامل و کود مایع آمینوفیش AMI 16، وزن هزار دانه بیشتری در مقایسه با تیمارهای اسید فولویک و عدم محلول‌پاشی به‌دست می‌آید. عوامل تعیین‌کننده مقدار و محتوای وزن هزار دانه، سرعت و طول دوره پر شدن دانه‌ها هستند و بررسی‌ها نشان داده‌اند که اسیدهای آمینه و کودهای میکرو تأثیر مثبتی را بر سرعت و طول دوره پر شدن دانه‌ها دارند (Dromantiene et al., 2013; Huang et al., 2019). در کل، بیشترین وزن هزار دانه در بین سیستم‌های تغذیه‌ای از کاربرد کود میکرو کامل به همراه مایکوریزا و ورمی‌کمپوست (به‌ترتیب با ۱۹۹/۴۷ و ۱۹۶/۷۲ گرم) به‌دست آمد. ابوطالبیان و خدابنده‌لو (Aboutalebian & Khodabandehloo, 2017) بیان داشتند که وزن ۱۰۰ دانه ذرت رقم NS640 تحت تأثیر تیمار استفاده توأم از قارچ مایکوریزا و محلول‌پاشی سولفات روی در مقایسه با تیمار عدم محلول‌پاشی + کاربرد مایکوریزا به‌میزان ۳۰/۳۰ درصد افزایش یافت. کمترین وزن هزار دانه نیز مربوط به کاربرد سیستم‌های تغذیه‌ای در شرایط عدم محلول‌پاشی بود (جدول‌های ۵ و ۷).

جدول ٦- اثرات متقابل سیستم‌های تغذیه‌ای و محلول‌پاشی روی ارتفاع، قطر ساقه و طبق در آفتابگردان

Table 6- Interaction effects between different nutrition systems and foliar spraying on a height, stem and capitule diameter of sunflower (*Helianthus annuus* L.)

متغیرها Variables	ارتفاع Height (cm)			قطر ساقه Stem diameter (mm)			قطر طبق Capitule diameter (cm)		
سیستم‌های تغذیه‌ای Nutrition systems / محلول‌پاشی‌ها Foliar sprayings	ورمی کمپوست Vermicompost	مایکوریزا Mycorrhizae	کود نیتروژنه Nitrogen fertilizer	ورمی کمپوست Vermicompost	مایکوریزا Mycorrhizae	کود نیتروژنه Nitrogen fertilizer	ورمی کمپوست Vermicompost	مایکوریزا Mycorrhize	کود نیتروژنه Nitrogen fertilizer
شاهد (عدم محلول‌پاشی) Control	124.31	146.73	100.26	16.88	20.58	13.88	15.63	16.68	11.36
کود مایع آمینوفیش AMI 16 Amino fish AMI 16 fertilizer	143.77	155.67	137.47	20.66	21.47	18.55	20.20	21.46	17.40
اسید فولویک Fulvic acid	133.89	151.47	132.60	18.58	21.25	16.54	16.29	19.82	13.31
کود میکرو کامل Micro fertilizer	145.41	157.67	150.78	22.93	22.05	20.57	22.87	21.65	17.95
حداقل تفاوت معنی‌داری (۱٪) LSD 1%	10.59	18.95	21.64	2.57	2.98	3.10	2.78	2.23	1.85

عملکرد بیولوژیکی

عملکرد بیولوژیکی آفتابگردان تحت تأثیر سیستم‌های تغذیه‌ای در سطح احتمال یک درصد قرار گرفت ($p \leq ۰/۰۱$) (جدول ۸)، به‌طوری‌که بیشترین عملکرد بیولوژیکی از کاربرد مایکوریزا با ۱۳۴۴۹/۴ کیلوگرم در هکتار و کمترین آن از کاربرد کود نیتروژنه با ۸۹۶۹/۱ کیلوگرم در هکتار به‌دست آمد (جدول ۹). حق‌شناس و همکاران (Haghshenas et al., 2020) بیان داشتند که در شرایط آبیاری مطلوب، تلقیح بذور گلرنگ زراعی (*Carthamus tinctorius* L.) با قارچ مایکوریزا در مقایسه با عدم تلقیح عملکرد بیولوژیکی آن را به‌میزان ۳۳ درصد در مقایسه با شاهد افزایش می‌دهد. قارچ‌های مایکوریزا با تولید تنظیم‌کننده‌های رشدی و افزایش فراهمی عناصر غذایی موجب افزایش فتوسنتز و در نتیجه، تولید ماده خشک گیاهی می‌شوند. محلول‌پاشی با کود مایع آمینوفیش AMI 16، اسید فولویک و کود میکرو کامل نیز تأثیر قابل ملاحظه‌ای بر عملکرد بیولوژیکی آفتابگردان در سطح احتمال یک درصد داشتند (جدول ۸)، به‌طوری‌که بیشترین عملکرد بیولوژیکی از کاربرد کود میکرو کامل با ۱۶۰۸۸/۴ کیلوگرم در هکتار و کمترین آن از شاهد (عدم محلول‌پاشی) با ۷۵۹۲/۸ کیلوگرم در هکتار به‌دست آمد (جدول ۹). بررسی‌ها حاکی از نقش مثبت کاربرد کودهای میکرو بر وزن خشک اندام‌های هوایی گیاهان است و در این زمینه آهن و روی نقش مهمی را در فرآیندهای فتوسنتزی گیاهان بر عهده دارند. موسوی و رونقی (Moosavi & Ronaghi, 2011) اظهار داشتند که آهن زیست‌توده اندام‌های هوایی سویا (*Glycine max* L. Merr.) را افزایش می‌دهد. لذا، مشاهده می‌شود که عناصر آهن و روی هر دو می‌توانند میزان فتوسنتز گیاهان را افزایش داده و در نتیجه منجر به افزایش میزان زیست‌توده آن‌ها شوند. اثرات متقابل سیستم‌های تغذیه‌ای و محلول‌پاشی بر عملکرد

بیولوژیکی آفتابگردان در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار بود (جدول ۸)، به‌طوری‌که برش‌دهی اثر متقابل محلول‌پاشی برای هر یک از سیستم‌های تغذیه‌ای نشان داد که در تمامی تیمارهای کودی با کاربرد کود میکرو کامل و کود مایع آمینوفیش AMI 16، عملکرد بیولوژیکی بیشتری در مقایسه با اسید فولویک و تیمار عدم محلول‌پاشی به‌دست می‌آید.

جدول ۷- اثرات متقابل سیستم‌های تغذیه‌ای و محلول‌پاشی روی تعداد دانه در طبق و وزن هزار دانه در آفتابگردان

Table 7- Interaction effects between different nutrition systems and foliar spraying on a seed number/capitule and 1000-kernel weight of sunflower (*Helianthus annuus* L.)

متغیرها Variables	تعداد دانه در طبق Seed number.capitule^{-1}			وزن هزار دانه 1000-kernel weight (g)		
	سیستم‌های تغذیه‌ای Nutrition systems					
محلول‌پاشی‌ها Foliar sprayings	ورمی کمپوست Vermicompost	مایکوریزا Mycorrhize	کود نیتروژنه Nitrogen fertilizer	ورمی کمپوست Vermicompost	مایکوریزا Mycorrhizae	کود نیتروژنه Nitrogen fertilizer
شاهد (عدم محلول‌پاشی) Control	411.53	396.74	339.60	152.54	157.07	118.29
کود مایع آمینوفیش AMI 16 Amino fish AMI 16 fertilizer	509.05	520.23	462.21	172.33	178.67	155.30
اسید فولویک Fulvic acid	447.02	511.49	398.30	156.69	167.80	149.44
کود میکرو کامل Micro fertilizer	565.85	574.74	472	196.72	199.47	178.67
حداقل تفاوت معنی‌داری (۱٪) LSD 1%	44.80	44.08	39.70	10.45	17.35	12.28

آهن برای تشکیل کلروفیل و در نتیجه، فتوسنتز ضروری است و کمبود آن به‌شدت محتوای تولید آسیمیلات‌ها را کاهش می‌دهد (Pirzad & Shokrani, 2012). آدامز و همکاران (Adams et al., 2000) گزارش کردند که آهن مستقیماً در انتقال الکترون دخالت داشته و برای سنتز کلروفیل لازم و ضروری است. بر اساس گزارش‌های ارائه شده، محلول‌پاشی با عنصر روی محتوای کلروفیل-های a، b و فعالیت فتوسیستم دو را افزایش داده و موجب افزایش تجمع متابولیت‌ها از قبیل ترکیبات قندی، پلی ساکاریدها و پروتئین-های محلول در اندام‌های هوایی گیاهان می‌شود. همچنین، عنصر روی میزان فتوسنتز و دوام سطح برگ را افزایش داده و در پی آن، میزان تولید آسیمیلات‌ها را افزایش می‌دهد (Yousefipour et al., 2018). گلایسین و اسید گلوتامیک از اسیدهای آمینه ضروری در رشد بافت‌های رویشی و سنتز کلروفیل می‌باشند. اسید گلوتامیک از عوامل اسمزی سلول‌های محافظ روزنه نیز محسوب می‌شود که موجب باز شدن آن‌ها می‌گردد که در نتیجه آن، جذب دی اکسید کربن افزایش یافته و در پی آن، فتوسنتز و رشد نیز افزایش می‌یابند (Vijaykumar et al., 2019). واهبا و همکاران (Wahba et al., 2015) تأثیر محلول‌پاشی با اسیدهای آمینه تریپتوفان، تیروزین و اسید گلوتامیک را بر رشد و خصوصیات نوعی گزنه (*Urtica pilulifera* L.) مورد بررسی قرار داده و گزارش کردند که افزایش معنی‌داری در زیست‌توده تر و خشک این گونه گیاهی تحت تأثیر محلول‌پاشی با هر سه اسید آمینه به‌دست می‌آید. در کل، بیشترین عملکرد بیولوژیکی مربوط به کود میکرو کامل به‌خصوص با کاربرد کود زیستی مایکوریزا (۱۸۵۴۳ کیلوگرم در هکتار) بود. کمترین عملکرد بیولوژیکی نیز مربوط به کاربرد کود نیتروژنه در شرایط عدم اعمال محلول‌پاشی (۵۶۱۸/۷ کیلوگرم در هکتار) بود (جدول‌های ۱۰ و ۱۱).

عملکرد دانه

تأثیر سیستم‌های تغذیه‌ای بر عملکرد دانه آفتابگردان در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (p≤۰/۰۱) (جدول ۸)، به‌طوری‌که بیشترین عملکرد دانه از کاربرد کودهای مایکوریزا و ورمی‌کمپوست به ترتیب با ۳۱۸۰/۴۹ و ۳۰۶۷/۷۸ کیلوگرم در هکتار به‌دست آمد. کمترین عملکرد دانه نیز مربوط به کاربرد کود نیتروژنه با ۱۹۴۵/۲۸ کیلوگرم در هکتار بود (جدول ۹). سلیمان‌زاده (Soleimanzadeh, 2012) نشان داد که کاربرد کود مایکوریزی موجب افزایش معنی‌دار در عملکرد دانه آفتابگردان به‌میزان ۹/۸ درصد بیشتر از عدم کاربرد آن می‌گردد. آدوول و همکاران (Adewole et al., 2010) نیز افزایش معنی‌داری را در عملکرد دانه آفتابگردان (به‌میزان ۱۹/۱ درصد در مقایسه با شاهد) تحت تأثیر کاربرد مایکوریزا به‌دست آوردند. یاداو و همکاران (Yadav et al., 2017) نیز نتیجه گرفتند که با مصرف ورمی‌کمپوست، عملکرد دانه ذرت به‌دلیل وجود مقادیر بالاتر نیتروژن در دسترس افزایش می‌یابد، زیرا نیتروژن برای تولید پروتئین‌های ساختاری گیاه ضروری است. علاوه‌براین، ورمی‌کمپوست دارای مقادیر زیادی مواد هیومیکی است که این مواد از طریق بهبود دسترسی به عناصر غذایی به‌ویژه آهن و روی و نیز با اثر مستقیم بر متابولیسم گیاهی موجب افزایش رشد و عملکرد گیاهان می‌گردند (Tartoura, 2010). با کاربرد تیمارهای محلول‌پاشی کود مایع آمینوفیش AMI 16، اسید فولویک و کود میکرو کامل نیز افزایش معنی‌داری در عملکرد دانه آفتابگردان در سطح احتمال یک درصد به‌دست آمد (جدول ۸)، به‌طوری‌که بیشترین عملکرد دانه از کاربرد کود میکرو کامل (۳۷۶۳/۷۷ کیلوگرم در هکتار) و کود مایع آمینوفیش AMI 16 (۳۴۲۳/۴۶ کیلوگرم در هکتار) به‌دست آمد (جدول ۹). رحیمی‌زاده و همکاران (Rahimizadeh et al., 2010) تأثیر کاربرد کود آهن در آفتابگردان را مورد مطالعه قرار داده و نتیجه گرفتند که با کاربرد کود حاوی آهن به‌میزان ۱۸ درصد بر عملکرد دانه آفتابگردان افزوده می‌شود. خان و همکاران (Khan et al., 2009) تأثیر کودهای آهن و روی را در آفتابگردان بررسی نموده و مشاهده نمودند که با کاربرد تلفیقی آن‌ها (به‌ترتیب به‌میزان ۵ و ۱۰ کیلوگرم در هکتار)، عملکرد دانه به‌میزان ۱۱/۲ درصد در مقایسه با شاهد افزایش می‌یابد. غفران مقصود و همکاران (Ghofran Maghsud et al., 2014) گزارش نمودند که کاربرد کودهای حاوی آهن و روی در مرحله رشد رویشی موجب افزایش معنی‌دار عملکرد دانه گلرنگ می‌شود، ولی کاربرد آن‌ها در مرحله رشد زایشی تأثیر معنی‌داری بر عملکرد دانه ندارد. ناگوئیب و همکاران (Naguib et al., 2003) نیز اظهار داشتند که کاربرد اسیدهای آمینه متیونین و فنیل آلانین موجب افزایش معنی‌دار در عملکرد دانه پریوش (*Catharanthus roseus* G. Don) می‌شود.

اثرات متقابل سیستم‌های تغذیه‌ای و محلول‌پاشی بر عملکرد دانه آفتابگردان در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار بود (p≤۰/۰۵) (جدول ۸)، به‌طوری‌که برش‌دهی اثر متقابل آن‌ها نشان داد که در تمامی سیستم‌های تغذیه‌ای در صورت اعمال محلول‌پاشی کود مایع آمینوفیش AMI 16 و کود میکرو کامل، عملکرد دانه آفتابگردان در مقایسه با تیمار عدم محلول‌پاشی و اسید فولویک افزایش می‌یابد. بیشترین عملکرد دانه مربوط به کاربرد مایکوریزا و ورمی‌کمپوست به همراه کود میکرو کامل به‌ترتیب با ۴۲۹۲/۹ و ۴۲۳۴/۴ کیلوگرم در هکتار بود. برومند سویری و همکاران (Bromand Sivieri et al., 2021) گزارش کردند که بیشترین عملکرد تک بوته (۰/۴۵ گرم) سیاهدانه (*Nigella sativa* L.) به اثر ترکیب تیماری محلول‌پاشی با ۰/۸ گرم در لیتر نانواکسید روی + مایکوریزا در شرایط عدم اعمال شوری مربوط می‌شود. سیدشریفی و همکاران (Seyyed Sharifi et al., 2017) بیان داشتند که محلول‌پاشی غلظت یک و نیم گرم نانواکسیدآهن در یک لیتر آب به همراه دو گونه قارچ مایکوریزای *G. mosseae* و *G. intraradices* می‌تواند در افزایش عملکرد دانه گندم (*Triticum aestivum* L.) مؤثر باشد. کمترین عملکرد دانه نیز از کاربرد کود نیتروژنه در شرایط عدم محلول‌پاشی با ۱۰۰۵/۶ کیلوگرم در هکتار به‌دست آمد (جدول‌های ۱۰ و ۱۱).

درصد و عملکرد روغن بذر

تأثیر سیستم‌های تغذیه‌ای بر درصد روغن بذر آفتابگردان در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۸)، به‌طوری‌که بیشترین درصد روغن بذر از کاربرد مایکوریزا و ورمی‌کمپوست (به‌ترتیب با ۲۶/۸۲ و ۲۵/۰۲ درصد) به‌دست آمد (جدول ۹). سلیمان‌زاده (Soleymanzadeh, 2012) نشان داد که کاربرد مایکوریزا موجب افزایش معنی‌دار درصد روغن در دانه‌های آفتابگردان به‌میزان ۶/۸ درصد در مقایسه با عدم کاربرد آن می‌شود. تیمارهای محلول‌پاشی با کود مایع آمینوفیش AMI 16، اسید فولویک و کود میکرو کامل نیز موجب افزایش معنی‌دار درصد روغن بذر آفتابگردان شدند (p≤۰/۰۱) (جدول ۸)، به‌طوری‌که بیشترین درصد روغن بذر از کاربرد کود میکرو

کامل و آمینوفیش AMI 16 (بـه‌ترتیـب بـا ۲۸/۹۹ و ۲۶/۲۵ درصـد) به‌دست آمد (جدول ۹). ابراهیمیان و همکاران (Ebrahimian et al., 2010) نیز افزایش معنی‌دار درصـد روغـن در بـذور آفتابگـردان را بـا محلول‌پاشی کودهای حاوی آهن و روی گزارش کردند.

عملکرد روغن بذر آفتابگردان تحت تأثیر سیستم‌های تغذیه‌ای در سطح احتمال یک درصد قرار گرفت (جدول ۸)، به‌طوری‌که بیشـترین عملکرد روغـن بـذر از کـاربرد کـود زیسـتی مـایکوریزا بـا ۱۷۰۰/۳۷ کیلوگرم در هکتار به‌دست آمد. کمترین عملکرد روغن بذر نیز مربـوط به کاربرد کود نیتروژنه با ۱۰۱۴/۶۷ کیلوگرم در هکتار بود (جدول ۹). حق‌شناس و همکاران (Haghshenas et al., 2020) گزارش کردنـد که در شرایط آبیاری مطلوب، تلقیح با قارچ مایکوریزا عملکـرد روغـن بذر گلرنگ را در حدود ۱۶ درصد در مقایسـه بـا شـاهد بـدون تلقـیح افزایش می‌دهد. همچنین، جمشیدی و همکـاران (Jamshidi et al., 2009) بیان داشتند که عملکرد روغن بذر آفتابگردان در تلقیح با قارچ مایکوریزای *G. mosseae* به‌میزان ۱۴/۰۱ درصد در مقایسه با تیمـار عدم تلقیح افزایش می‌یابد. محلول‌پاشی با کود مایع آمینوفیش AMI 16، اسید فولویک و کود میکرو کامل نیز موجب افزایش معنـی‌دار در عملکرد روغن بذر آفتابگردان در سطح احتمال یک درصد شد (جدول ۸)، به‌طوری‌که بیشترین عملکرد روغن بذر از کاربرد کودهای میکـرو کامل و کـود مـایع آمینـوفیش AMI 16 (بـه‌ترتیـب بـا ۱۷۷۱/۵۰ و ۱۶۴۶/۹۰ کیلوگرم در هکتار) به‌دست آمد (جدول ۹).

جدول ۸- نتایج تجزیه واریانس (میانگین مربعات) محلول‌پاشی در هر یک از سیستم‌های تغذیه‌ای بر عملکرد و اجزای عملکرد آفتابگردان

Table 8- Analysis of variance (mean of squares) of yield and its components in sunflower (*Helianthus annuus* L.) under different nutrition systems and foliar spraying

منبع تغییرات S.O.V.	درجه آزادی d.f	عملکرد بیولوژیکی Biological yield	عملکرد دانه Seed yield	شاخص برداشت HI	روغن بذر Seed oil	عملکرد روغن Oil yield
بلوک Block	2	13185063	68119	212.89	0.23	3197
سیستم تغذیه‌ای (فاکتور A) Nutrition system (A)	2	62148527**	5596910**	47.72 ns	88.98**	1467037**
خطای فاکتور A Error A	4	36028294	471588	596.19	57.93	949573
محلول‌پاشی (فاکتور B) Foliar spraying (B)	3	126437371**	9850746**	38.46 ns	137.12**	1863770**
فاکتور B × فاکتور A A×B	6	3502523*	320766*	13.09 ns	17.88*	33980*
خطای کل Total error	18	978646	115184	17.23	7.40	10781
برش‌دهی اثر متقابل محلول‌پاشی برای هر یک از سیستم‌های تغذیه‌ای The slicing for effects of nutrition systems × foliar spraing – mean squares						
ورمی کمپوست Vermicompost	3	62032577**	4210979**	1.43 ns	50.62**	888140**
مایکوریزا Mycorrhizae	3	47120536**	4605502**	55.79 ns	68.67**	610107**
کود نیتروژنه Nitrogen fertilizer	3	24289305**	1675796**	7.43 ns	53.59*	433482**

* و **: به‌ترتیب معنی‌داری در سطح احتمال پنج و یک درصد را نشان می‌دهند، ns: عدم معنی‌داری.

* and **: show significantly different at α = 0.05 and α = 0.01, respectively, and ns: is not significantly different.

جدول ۹- تأثیر سیستم‌های تغذیه‌ای و محلول‌پاشی روی عملکرد و برخی از اجزای عملکرد آفتابگردان

Table 9- Sunflower (*Helianthus annuus* L.) seed yield and some of yield components under different nutrition systems and foliar spraying

سیستم‌های تغذیه‌ای Nutrition systems	عملکرد بیولوژیکی Biological yield (kg.ha^{-1})	عملکرد دانه Seed yield (kg.ha^{-1})	شاخص برداشت HI (%)	روغن بذر Seed oil (%)	عملکرد روغن بذر Oil yield (kg.ha^{-1})
ورمی کمپوست Vermicompost	11903.7	3067.78	27.18	25.02	1476.33
مایکوریزا Mycorrhizae	13449.4	3180.49	23.28	26.82	1700.37
کود نیتروژنه Nitrogen fertilizer	8969.1	1945.28	25.94	21.47	1014.67
حداقل تفاوت معنی‌داری (۱٪) LSD (1%)	1162.5	398.82	4.88	3.20	122.02
تیمارهای محلول‌پاشی Foliar spraying treatments					
شاهد (عدم محلول‌پاشی) Control	7592.8	1514.84	23.14	20.46	750.44
کود مایع آمینوفیش AMI 16 Amino fish AMI-16 fertilizer	12686.9	3423.46	28.13	26.25	1646.90
اسید فولویک Fulvic acid	9394.8	2222.66	25.67	22.02	1419.65
کود میکرو کامل Micro fertilizer	16088.4	3763.77	24.92	28.99	1771.50
حداقل تفاوت معنی‌داری (۱٪) LSD (1%)	1342.3	460.5	5.63	3.69	140.89

ابراهیمیان و همکاران (Ebrahimian et al., 2010) تأثیر روش‌های مختلف کاربرد کودهای حاوی آهن و روی را بر عملکرد روغن آفتابگردان مورد مطالعه قرار داده و به این نتیجه رسیدند که کاربرد این کودها به‌صورت خاک مصرف و محلول‌پاشی موجب افزایش معنی‌دار عملکرد روغن آفتابگردان می‌شود. اثرات متقابل سیستم‌های تغذیه‌ای و محلول‌پاشی بر درصد و عملکرد روغن بذر آفتابگردان در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار بود (p≤۰/۰۵) (جدول ۸). بیشترین درصد روغن بذر از کاربرد مایکوریزا به همراه محلول‌پاشی با کود میکرو کامل (۳۳/۴۰ درصد) به‌دست آمد که اختلاف معنی‌داری را با بقیه تیمارهای محلول‌پاشی در این تیمار کودی داشت. کمترین درصد روغن بذر نیز مربوط به کاربرد کود نیتروژنه در شرایط عدم محلول‌پاشی (۱۷/۸۹ درصد) بود. تیمار اسید فولویک تأثیر کمتری را در افزایش درصد روغن بذور در بین سایر تیمارهای محلول‌پاشی داشت، به‌طوری‌که در تمامی سیستم‌های تغذیه‌ای در مقایسه با تیمارهای کود مایع آمینوفیش AMI 16 و کود میکرو کامل رقم کمتری را نشان داد. برش‌دهی اثر متقابل محلول‌پاشی برای هر یک از سیستم‌های تغذیه‌ای بر عملکرد روغن بذر آفتابگردان نیز نشان داد که در تمامی تیمارهای کودی با کاربرد محلول‌پاشی در مقایسه با شرایط عدم اعمال آن، بر عملکرد روغن بذر آفتابگردان افزوده می‌شود. بیشترین عملکرد روغن بذر از کاربرد مایکوریزا به همراه محلول‌پاشی با کود میکرو کامل (۲۰۳۵/۹۵ کیلوگرم در هکتار) به‌دست آمد. البته، بین این تیمار و تیمار کاربردی مایکوریزا به همراه کود مایع آمینوفیش AMI 16 اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد. در تمامی سیستم‌های تغذیه‌ای، کمترین عملکرد روغن بذر مربوط به تیمار عدم محلول‌پاشی بود که اختلاف معنی‌داری را با سایر تیمارها داشت (جدول‌های ۱۰ و ۱۲).

جدول ۱۰- نتایج تجزیه واریانس (میانگین مربعات) برش‌دهی محلول‌پاشی برای هر یک از سیستم‌های تغذیه‌ای بر عملکرد و اجزای عملکرد آفتابگردان

Table 10- Analysis of variance (mean of squares) of yield and some of yield components in sunflower (*Helianthus annuus* L.) under physical slicing for foliar spraying at different nutrition systems (a_1, a_2 and a_3) separately

منبع تغییرات S.O.V.	درجه آزادی d.f	عملکرد بیولوژیکی Biological yield	عملکرد دانه Seed yield	درصد روغن بذر Seed oil (%)	عملکرد روغن بذر Oil yield
ورمی کمپوست Vermicompost (a_1)					
بلوک Block	2	39229454.5	382103.6	46.04	1108802.73
محلول‌پاشی (فاکتور B) Foliar spraying (Factor B)	3	62032576.8**	4210979**	50.62*	888140.35**
خطا Error	6	1280014.2	145676.3	8.72	9452.17
مایکوریزا Mycorrhize (a_2)					
بلوک Block	2	216834.2	69883.02	1.51	214088.48
محلول‌پاشی (فاکتور B) Foliar spraying (Factor B)	3	47120535.8**	4605502.22**	68.67**	610107.34**
خطا Error	6	411801.8	46721.76	9.33	12723.95
کود نیتروژنه Nitrogen fertilizer (a_3)					
بلوک Block	2	45795362.3	559308.85	68.54	579451.92
محلول‌پاشی (فاکتور B) Foliar spraying (Factor B)	3	24289304.5**	1675796**	53.59**	433481.83**
خطا Error	6	1244120.7	153155.45	4.15	10167.24
کل Total	11	–	–	–	–

* و **: به‌ترتیب معنی‌داری در سطح احتمال پنج و یک درصد را نشان می‌دهند، ns: عدم معنی‌داری.

* and **: show significantly different at $\alpha = 0.05$ and $\alpha = 0.01$, respectively, and ns: is not significantly different.

نتیجه‌گیری

نتایج این تحقیق نشان داد که با کاربرد کودهای آلی و زیستی، عملکرد و اجزای عملکرد آفتابگردان بهبود یافته و اعمال محلول‌پاشی می‌تواند عملکرد و اجزای آن را بیش از پیش افزایش دهد. کودهای زیستی و آلی عناصر غذایی مورد نیاز گیاهان زراعی را در طول دوره رشدی در اختیار آن‌ها قرار می‌دهند و تنشی از بابت عناصر غذایی و کمبود آب بر آن‌ها تحمیل نمی‌شود. با کاربرد مایکوریزا و ورمی-کمپوست تمامی عناصر غذایی مورد نیاز بوته‌های آفتابگردان فراهم شده و محلول‌پاشی عناصر ریزمغذی و ترکیباتی که فعالیت آنزیم‌های دخیل در آسیمیلاسیون مواد فتوسنتزی را افزایش می‌دهند، به‌خصوص در مراحل حساس رشدی از قبیل گل‌دهی، دانه‌بندی و پر شدن آن‌ها می‌تواند در این زمینه اثرگذار باشد. این امر نشان می‌دهد که جهت رسیدن به حداکثر ظرفیت تولیدی در آفتابگردان می‌بایست تغذیه کودی این گیاه زراعی پرتوقع از بابت عناصر ماکرو و میکرو به‌ویژه در طی مراحل رشد رویشی و زایشی فراهم گردد تا بتواند حداکثر عملکرد تولیدی را داشته باشد. با وجودی‌که اسید فولویک یکی از محلول‌پاشی‌های مؤثر در افزایش عملکرد گیاهان محسوب می‌شود و عملکرد این گیاه صنعتی را در مقایسه با عدم محلول‌پاشی افزایش داد، ولی تأثیر آن بر عملکرد و اجزای آن در آفتابگردان در مقایسه با کود میکرو کامل و کود مایع آمینوفیش AMI 16 به مراتب کمتر بود. نتایج حاصل از این تحقیق می‌تواند در کشت‌های گسترده این گیاه صنعتی جهت دستیابی به بالاترین عملکرد دانه و روغن مورد

استفاده تولیدکنندگان قرار گیرد.

سپاسگزاری

بدین‌وسیله از همکاری گروه زراعت و اصلاح نباتات و مسئول محترم آزمایشگاه فیزیولوژی دانشکده کشاورزی دانشگاه شهید مدنی آذربایجان که در اجرای این تحقیق و ارائه هرچه بهتر کیفیت مقاله کمال همکاری را داشتند، صمیمانه قدردانی می‌شود.

جدول ۱۱- اثرات متقابل سیستم‌های تغذیه‌ای و محلول‌پاشی روی عملکرد بیولوژیکی و عملکرد دانه در آفتابگردان

Table 11- Interaction effects between different nutrition systems and foliar spraying on a biological and seed yield of sunflower (*Helianthus annuus* L.)

متغیرها Variables	عملکرد بیولوژیکی Biological yield (kg.ha^{-1})			عملکرد دانه Seed yield (kg.ha^{-1})		
سیستم‌های تغذیه‌ای Nutrition systems / محلول‌پاشی‌ها Foliar sprayings	ورمی کمپوست Vermicompost	مایکوریزا Mycorrhizae	کود نیتروژنه Nitrogen fertilizer	ورمی کمپوست Vermicompost	مایکوریزا Mycorrhizae	کود نیتروژنه Nitrogen fertilizer
شاهد (عدم محلول‌پاشی) Control	7352	9807.8	5618.7	1738.2	1800.7	1005.6
کود مایع آمینوفیش AMI 16 Amino fish AMI-16 fertilizer	14025.1	14575.5	9460.2	3804.5	4220.3	2245.6
اسید فولویک Fulvic acid	9004.1	10871.3	8308.9	2435.6	2466.5	1765.9
کود میکرو کامل Micro fertilizer	17233.5	18543	12488.6	4292.9	4234.4	2764.1
حداقل تفاوت معنی‌داری (۱٪) LSD 1%	2260.4	1282.1	2228.5	762.6	431.85	781.9

جدول ۱۲- اثرات متقابل سیستم‌های تغذیه‌ای و محلول‌پاشی روی درصد و عملکرد روغن بذر در آفتابگردان

Table 12- Interaction effects between different nutrition systems and foliar spraying on a seed oil percentage and seed oil yield of sunflower (*Helianthus annuus* L.)

متغیرها Variables	روغن بذر Seed oil (%)			عملکرد روغن بذر Seed oil yield (kg.ha^{-1})		
سیستم‌های تغذیه‌ای Nutrition systems / محلول‌پاشی‌ها Foliar sprayings	ورمی کمپوست Vermicompost	مایکوریزا Mycorrhizae	کود نیتروژنه Nitrogen fertilizer	ورمی کمپوست Vermicompost	مایکوریزا Mycorrhizae	کود نیتروژنه Nitrogen fertilizer
شاهد (عدم محلول‌پاشی) Control	19.09	24.41	17.89	694.61	1043.72	512.99
کود مایع آمینوفیش AMI 16 Amino fish AMI-16 fertilizer	28.33	27.06	23.37	1823.34	1946.80	1170.54
اسید فولویک Fulvic acid	25.60	22.40	18.07	1517.40	1775.02	966.53
کود میکرو کامل Micro fertilizer	27.06	33.40	26.53	1869.96	2035.95	1408.61
حداقل تفاوت معنی‌داری (۱٪) LSD 1%	5.90	6.10	4.07	194.24	225.36	201.45

References

1. Aboutalebian, M., & Khodabandehloo, N., (2017). Improving yield and water use efficiency of corn under water deficit conditions by using mycorrhiza and foliar application of zinc sulfate. *Iranian Journal of Field Crop Science*, *48*(1), 57-70. (In Persian with English Summary) https://doi.org/ 10.22059/IJFCS.2017.125574.653878
2. Adams, M.L., Norvell, W.A., Philpot, W.D., & Peverly, J.H., (2000). Spectral detection of micronutrient deficiency in “Bragg” soybean. *Agronomy Journal*, *92*, 261-268. https://doi.org/10.2134/agronj2000.922261x
3. Adesemoye, A.O., & Kloepper, J.W., (2009). Plant-microbes interactions in enhanced fertilizer-use efficiency. *Applied Microbiology and Biotechnology*, *85*(1), 1-12. https://doi.org/10.1007/s00253-009-2196-0
4. Adewole, M.B., Awotoye, O.O., Ohiembor M.O., & Salami A.O., (2010). Influence of mycorrhizal fungi on phytoremediating potential and yield of sunflower in Cd and Pb polluted soils. *The Journal of Agricultural Science*, *55*(1), 17-28. https://doi.org/10.2298/JAS1001017A
5. Ahmad, R., Arshad, M., Zahir, Z.A., Naveed, M., Khalid, M., & Asghar, H.N., (2008). Integrating N-enriched compost with biologically active substances for improving growth and yield of cereals. *Pakistan Journal of Botany*, *40*(1), 283-293.
6. Ailievi, L., Marchesini, A., Salardi, C., Piano, V., & Ferarri, A., (1993). Plant quality and soil residual fertility six years a compost treatment. *Bioresource Technology*, *43*(1), 85-89. https://doi.org/10.1016/0960-8524(93)90088-S
7. Atiyeh, R.M., Edwards, C.A., Subler, S., & Metzger, J.D., (2001). Pig manure vermicompost as a component of a horticultural bedding plant medium: Effects on physiochemical properties and plant growth. *Bioresource Technology*, *78*(1), 11-20. https://doi.org/10.1016/S0960-8524(00)00172-3
8. Bashan, Y., Holguin, G., & de-Bashan, L.E., (2004). Azospirillum-plant relationships: physiological, molecular, agricultural, and environmental advances (1997-2003). *Canadian Journal of Microbiology*, *50*(8), 521-577. https://doi.org/10.1139/w04-035
9. Bozorgi, H.R., (2012). Effects of foliar spraying with marine plant *Ascophyllum nodosum* extract and nano iron chelate fertilizer on fruit yield and several attributes of eggplant (*Solanum melongena* L.). *ARPN Journal of Agricultural and Biological Sciences*, *7*(5), 357-362.
10. Bremness, L., (1999). Herbs. Eyewitness Handbook, London, 176 pp.
11. Bromand Sivieri, M., Heydari, M., Gholami, A., & Ghorbani, H., (2021). Effects of biofertilizers and foliar application of iron oxide nanoparticle on grain yield and some physiological characteristics of black cumin (*Nigella sativa* L.). *Iranian Journal of Field Crop Science*, *51*(4), 73-83. (In Persian with English Summary) https://doi.org/10.22092/ijmapr.2020.125999.2542
12. Clark, R.B., & Zeto, S.K., (2000). Mineral acquisition by arbuscular mycorrhizal plants. *Journal of Plant Nutrition*, *23*(7), 867-902. https://doi.org/10.1080/01904160009382068
13. Dromantiene, R., Pranckietiene, I., Sidlauskas, G., & Pranckietis, V., (2013). Changes in technological properties of common wheat (*Triticum aestivum* L.) grain as influenced by amino acid fertilizers. *Zemdirbyste*, *100*(1), 57-62.
14. Ebrahimian, E., Bybordi, A., & Pasban Eslam, B., (2010). Efficiency of zinc and iron application methods on sunflower. *Journal of Food, Agriculture and Environment*, *8*(3-4), 783-789.
15. Eichert, T., Peguero-Pina, J.J., Gil-Pelegrin, E., Heredia, A., & Fernandez, V., (2010). Effects of iron chlorosis and iron resupply on leaf xylem architecture, water relations, gas exchange and stomatal performance of field-grown peach (*Prunus persica*). *Physiologia Plantarum*, *138*(1), 48-59. https://doi.org/10.1111/j.1399-3054.2009.01295.x
16. Fayazi, H., Abdali Mashhadi, A., Koockekzadeh, A., Papzan, A.H., & Arzanesh, M.H., (2016). The effect of organic and biological fertilizers application on yield and some morphological characteristics in coneflower (*Echinacea purpurea* L.). *Iranian Journal of Field Crop Science*, *47*(2), 301-314. (In Persian with English Summary) https://doi.org/10.22059/IJFCS.2016.58864
17. Ghofran Maghsud, S., Mobasser, H.R., & Fanaei, H.R., (2014). Effect of foliar application and time foliar application microelements (Zn, Fe, Mn) on safflower. *Journal of Novel Applied Sciences*, *3*(4), 396-399.
18. Gholami, A., Akbari, I., & Abbasdokht, H., (2015). Study the effects of bio and organic fertilizers on growth characteristics and yield of fennel (*Foeniculum vulgare* Mill.). *Journal of Agroecology*, *7*(2), 215-224. (In Persian with English Summary) https://doi.org/10.22067/JAG.V7I2.35273
19. Gooding, M.J., & Davies, W.P., (1992). Foliar urea fertilization of cereals: A review. *Fertilizer Research*, *32*, 209-222. https://doi.org/10.1007/BF01048783
20. Haghshenas, R., Sharafi, S., & Gholinezhad, E., (2020). Effect of different levels of drought stress and mycorrhiza

on yield of safflower cultivars. *Journal of Agricultural Science and Sustainable Production*, *30*(2), 91-109. (In Persian with English Summary) https://doi.org/20.1001.1.24764310.1399.30.2.6.9

21. Heidari, M., & Karami, V., (2013). Effects of water stress and different mycorrhiza species on grain yield, yield components, chlorophyll content and biochemical components of sunflower. *Environmental Stresses in Crop Sciences*, *6*(1), 17-26. (In Persian with English Summary) https://doi.org/10.22077/escs.2013.134
22. Huang, M., Zhang, H., Zhao, C., Chen, G., & Zou, Y., (2019). Amino acid content in rice grains is affected by high temperatures during the early grain-filling period. Scientific Reports, 9(2700), 1-7. https://doi.org/10.1038/s41598-019-38883-2
23. Jamshidi, E., Ghalavand, A., Salehi, A., Zare, M.J., & Jamshidi, A.R., (2009). Effect of arbuscular mycorrhizal on yield, yield components, and plant characteristics of sunflower (Helianthus annuus L.) under drought stress conditions. Iranian Journal of Crop Sciences, 11(1), 136-150. (In Persian with English Summary) https://doi.org/20.1001.1.15625540.1388.11.2.4.6
24. Kandil, E.E., & Eman A.O.M., (2017). Response of some wheat cultivars to nano mineral fertilizers and amino acids foliar application. *Alexandria Science Exchange Journal*, *38*(1), 53-68.
25. Kasraie, P., Nasri, M., & Khalatbari, M., (2012). The effects of time spraying amino acid and water deficit stress on yield, yield component, and some physiological characteristics of grain corn (TWC647). Annals of Biological Research, 3, 4282-4286.
26. Kavitha, T., & Nelson, R., (2014). Effect of arbuscular mycorrhizal fungi (AMF) on growth and yield of sunflower (*Helianthus annuus* L.). *Journal of Experimental Biology and Agriculture Sciences*, *2*, 226-232.
27. Khalil, S.E., & Yousef R.M.M., (2014). Interaction effects of different soil moisture levels, arbuscular mycorrhizal fungi, and three phosphate levels on: I- growth, yield and photosynthetic activity of garden cress (*Lepidium sativum* L.) plant. International Journal of Advanced Research, 2(6), 723-737.
28. Khan, M.A., Din, J., Nasreen, S., Khan, M.Y., Khan, S.U., & Gurmani, A.R., (2009). Response of sunflower to different levels of zinc and iron under irrigated conditions. *Sarhad Journal of Agriculture*, *25*(2), 159-164.
29. Kizilkaya, R., Hepsen Turkay, F.S., Turkmen, C., & Durmus, M., (2012). Vermicompost effects on wheat yield and nutrient contents in soil and plant. *Archives of Agronomy and Soil Science*, 58(sup1), 5175-5179. https://doi.org/10.1080/03650340.2012.696777
30. Liu, X.Q., Ko, K.Y., Kim, S.H., & Lee, K.S., (2008). Effect of amino acid fertilization on nitrate assimilation of leafy radish and soil chemical properties in high nitrate soil. *Communication in Soil Science and Plant Analysis*, *39*, 269-281. https://doi.org/10.1080/00103620701759301
31. Mahmudi, H., & Rustaei, M., (2012). Investigation on the effects of foliar application of free amino acid on the quality and quantity of chickpea (var. Jam) under dryland condition. Dryland Agricultural Research Institute Publication, Maragheh, Iran, 41 p. (In Persian).
32. Malakouti, M.J., (1996). Sustainable agriculture and yield increase through balanced fertilization. Ministry of Agriculture, Karaj, Iran. 350 p. (In Persian).
33. Malakouti, M.J., & Sepehr, E., (2003). Optimal Feeding of Oilseeds. Khaniran Publication, Tehran, Iran, 452 p. (In Persian).
34. Malakouti, M.J., Keshavarz, P., & Karimian, N., (2008). A Comprehensive Approach Towards Identification of Nutrients Deficiencies and Optimal Fertilization for Sustainable Agriculture. Tarbiat Modarres University Press, Tehran, Iran. 132 p. (In Persian).
35. Marschner, H., & Dell, B., (1994). Nutrient uptake in mycorrhizal symbiosis. *Plant and Soil*, *159*(1), 89-102. https://doi.org/10.1007/BF00000098
36. Moosavi, A.A., & Ronaghi, A.M., (2011). Influence of foliar and soil applications of iron and manganese on soybean dry matter yield and iron-manganese relationship in a calcareous soil. *Australian Journal of Crop Science*, *5*(12), 1550-1556.
37. Mothaghi, D., (2015). Folic acid and its role in agriculture. Datis Agrochemicals R & D Department.
38. Naguib, N.Y., Khalil, M.Y., & El-Sherbeny, S.E. (2003). The influence of indole acetic acid, phenylalanine, and methionine on the growth, amino acid and alkaloid production of periwinkle (*Catharanthus roseus* G. Don) plants. Bulletin Faculty of Agriculture, Cairo University, 54, 217-238.
39. Pirzad, A., & Shokrani, F., (2012). Effects of iron application on growth characters and flower yield of *Calendula officinalis* L. under water stress. *World Applied Science Journal*, *18*(9), 1203-1208.

40. Porcel, R., & Ruiz-Lozano, J.M., (2004). Arbuscular mycorrhizal influence on leaf water potential, solute accumulation, and oxidative stress in soybean plants subjected to drought stress. J*ournal of Experimental Botany*, *55*(403), 1743-1750. https://doi.org/10.1093/jxb/erh188
41. Rahimizadeh, M., Kashani, A., Zare Fizabady, A., Madani, H., & Soltani, E., (2010). Effect of micronutrient fertilizers on sunflower growth and yield in drought stress condition. *Crop Production*, *3*(1), 57-72. (In Persian with English Summary) https://doi.org/20.1001.1.2008739.1389.3.1.4.9
42. Rasouli, F., & Maftoun, M., (2010). Residual effects of two organic matters with or without nitrogen on growth and chemical composition of wheat and some soil chemical properties. *Journal of Water and Soil*, *24*(2), 262-273. (In Persian with English Summary) https://doi.org/10.22067/JSW.V0I0.3243
43. Schnitzer, M., (1977). Recent findings on the characterization of humic substances extracted from soils from widely differing climatic zones Joint FAO/IAEA Div. of Atomic Energy in Food and Agriculture, Symposium on Soil Organic Matter Studies, 6-10 Sep. 1977, Braunschweig, Germany.
44. Seyyed Sharifi, R., Khalilzadeh, R., & Soltanmoradi, S., (2017). The effects of mycorrhizal fungi and nano zinc oxide on yield, dry matter accumulation, grain-filling rate, and duration in wheat under soil salinity condition. Applied Field Crops Research, 30(2), 31-49. (In Persian with English Summary) https://doi.org/10.22092/AJ.2018.109183.1116
45. Shaker, A.T., & Al-Doori, S.A., (2012). Response of some sunflower hybrids to zinc foliar spraying and phosphorus fertilizer levels under sandy soils conditions. *Tikrit Journal of Agricultural Sciences*, *12*(4), 174-182.
46. Soleimanzadeh, H., (2012). Response of sunflower (*Helianthus annuus* L.) to inoculation with mycorrhiza under different phosphorus levels. *American-Eurasian Journal of Agricultural and Environmental Science*, *12*(3), 337-341.
47. Sosulski, F.W., (1979). Food uses of sunflower proteins. *Journal of the American Oil Chemists Society*, *56*(3), 438-442. https://doi.org/10.1007/BF02671532
48. Spoljarevic, M., Agic, D., Lisjak, M., Gumze, A., Wilson, I.D., Hancock, J.T., & Teklic, T., (2011). The relationship of proline content and metabolism on the productivity of maize plants. *Plant Signaling and Behavior*, *6*(2), 251-257. https://doi.org/ 10.4161/psb.6.2.14336
49. Tartoura, K.A.H., (2010). Alleviation of oxidative-stress induced by drought through application of compost in wheat (*Triticum aestivum* L.) plants. *American-Eurasian Journal of Agricultural and Environmental Science*, *9*(2), 208-216.
50. Teixeira, I.R., Borem, A., de Andrade Araujo, G.A., & Ferreira Fontes, R.L., (2004). Manganese and zinc leaf application on common bean grown on a “Cerrado” soil. *Scientia Agricola*, *61*(1), 77-81. https://doi.org/10.1590/S0103-90162004000100013
51. Vijaykumar, P., Pandey, N., & Kumar, R.M., (2019). Response of different duration varieties of rice (Oryza sativa) on growth, yield attributes, and yield under varied levels of nutrient application. *Indian Journal of Agronomy*, *64*(4), 517-519.
52. Wahba, H.E., Motawe, H.M., & Ibrahim, A.Y., (2015). Growth and chemical composition of *Urtica pilulifera* L. plant as influenced by foliar application of some amino acids. *Journal of Materials and Environmental Science*, *6*(2), 499-506.
53. Wang, D., Deng, X., Wang, B., Zhang, N., Zhu, C., Jiao, Z., Li, R., & Shen, Q., (2019). Effects of foliar application of amino acid liquid fertilizers, with or without *Bacillus amyloliquefaciens* SQR9, on cowpea yield and leaf microbiota. *Plos One*, *14*(9), e0222048. https://doi.org/ 10.1371/journal.pone.0222048
54. Wu, Q.S., & Xia, R.X., (2006). Arbuscular mycorrhizal fungi influence growth, osmotic adjustment, and photosynthesis of citrus under well-watered and water stress conditions. Journal of Plant Physiology, 163(4), 417-425. https://doi.org/10.1016/j.jplph.2005.04.024
55. Wu, S.C., Cao, Z.H., Li, Z.G., Cheung, K.C., & Wong, M.H., (2005). Effects of biofertilizer containing N-fixer, P and K solubilizers and AM fungi on maize growth: a greenhouse trial. *Geoderma*, *125*(1-2), 155-166. https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2004.07.003
56. Yadav, H., Fatima, R., Sharma, A., & Mathur, S., (2017). Enhancement of applicability of rock phosphate in alkaline soils by organic compost. *Applied Soil Ecology*, *113*, 80-85. https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2017.02.004
57. Yarnia, M., & Rahmati, A., (2007). Evaluation of source and sink relationship in two sunflower hybrids. *New Finding in Agriculture*, *1*(2), 111-123. (In Persian with English Summary)

58. Yousefipour, M., Lack, S., & Payandeh, K., (2018). Evaluation effect of combined application of biological and chemical phosphorus fertilizers and micronutrients on seed yield and morpho-physiological traits of barley (*Hordeum vulgare* L.). *Journal of Plant Production Science, 8*(2), 107-118. (In Persian with English Summary)
59. Zafar, S., Nasri, M., Tohidi Moghadam, H.R., & Zahedi, H., (2014). Effect of zinc and sulfur foliar applications on physiological characteristics of sunflower (*Helianthus annuus* L.) under water deficit stress. *International Journal of Biosciences, 5*(12), 87-96.
60. Zeinali, A., Sadeghi Bakhtvari, A.R., & Sarabi, V., (2018). Investigation of nitrogen and sulphur effects on quantitative and qualitative characteristics of castor bean seed (*Ricinus communis* L.). *Iranian Journal of Field Crop Science, 49*(1), 29-43. (In Persian with English Summary) https://doi.org/10.22059/IJFCS.2017.225508.654251